This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

3 3433 06639713 8

MITT.

DIE TECHNIK

IN DER

EISENGIESSEREI

Verlag von G. D. Baedeker in Essen.

[redacted]lkulation und Technik der Eisengiesserei

von

A. Messerschmitt, Ingenieur.

3. durchgesehene und sehr erweiterte Auflage in 2 unabhängigen Bänden.

[redacted]eil: Die Kalkulation in der Eisen-Gießerei und der Gießerei-Techniker in seinem Betriebe.

Inhalt:

I. Abteilung: Die Kalkulation in der Eisengießerei. Der Gießerei-Ingenieur in seinem Betriebe. Die kaufmännischen Bücher. Kalkulation bei Formmaschinen-Betrieb. Rekapitulation und Beispiele der Kalkulation.

II. Abteilung: Vertragsmäßige Akkorde. Arbeits-Akkorde, Beispiele. Modell-Tischlerei-Akkorde. Die Voranschläge. Vertrag von Gießerei-Besitzern zur Regelung der Verkaufspreise nebst Preiskourant dafür.

III. Abteilung: Allgemeine Tabellen. Gewichte gußeiserner Konstruktionsteile, Matematisches.

Mit 67 in den Text gedruckten Figuren.

Preis** gebunden in Ganzleinen **4 Mark.

Deutsche Techniker-Zeitung (Berlin): Das Werk hat in seinen ersten Auflagen bereits in allen beteiligten Kreisen berechtigte Anerkennung gefunden. Wir finden, daß die neue Auflage viele wesentliche Verbesserungen und Umgestaltungen erfahren hat. Überall erkennt man die reichen und vielseitigen Erfahrungen des Verfassers auf dem Gebiete des Eisengießereiwesens. Das Werk ist für jeden Eisengießereibetrieb ein **unentbehrlicher Ratgeber.**

Kirchhoffs Technische Blätter (Berlin): Was dem Werkchen einen hohen Wert verleiht, ist die Aufstellung einer richtigen Kalkulation zu einer Selbstkosten-Bestimmung der Gießereiprodukte nach einer speziellen Methode, welche in vollem Einklange mit den kaufmännischen Büchern bleibt und jeden Gegenstand mit großer Sicherheit in seiner Preislage berechnen läßt. Das Werkchen ist in seiner neuen Auflage ganz auf zeitgemäßer Höhe gehalten. Die Art und Weise, wie die kaufmännischen Bücher zu gestalten sind, um die für eine richtige Kalkulation brauchbaren Zahlen zu liefern, ist neu hinzugekommen. Ebenso ist den neuzeitlichen Arbeitsmethoden in den Akkordgedingen Rechnung getragen und ein Syndikatsvertrag für Gießereibesitzer nebst Preiskourant dafür neu hinzugetreten. Wir wünschen dem Werkchen eine gute Aufnahme um so mehr, als ein Blick in die heutigen Verdingungs-Ergebnisse erkennen läßt, wie erstaunlich groß noch die Zahl derer sein muß, welche die Kenntnis für eine Selbstkosten-Berechnung noch nicht besitzen.

Haeders Zeitschrift für Maschinenbetrieb und Montage: Eine sachgemäße Kalkulation ist ein sehr wichtiger Faktor in jedem ordnungsgemäß geleiteten Betriebe. Dieselbe muß zunächst erfolgen vor Abgabe einer Offerte, dann sollte aber auch stets nach Ablieferung eines Stückes eine Nachkalkulation vorgenommen werden, um den Verdienst zu ermitteln. Im vorliegenden Buch gibt nun der Verfasser Angaben, welche der Vorkalkulation zugrunde gelegt werden können. Das reichhaltige Material ist übersichtlich geordnet und dürfte jedem Interessenten gute Dienste leisten.

Werkmeister-Zeitung 1903, Nr. 30 vom 24. Juli: Das Buch bietet einen Leitfaden für die Kalkulation in der Eisengießerei und angesichts des Umstandes, daß es mit dem Kalkulieren im allgemeinen schlecht bestellt ist, ist sein Erscheinen mit Genugtuung zu begrüßen. Erleben wir doch täglich bei Submissionen aller Art derartig große Unterschiede in der Preisangabe, daß nur der Mangel einheitlicher Grundsätze für die Kalkulation als Ursache dafür angesehen werden kann. Die Kalkulationsmethode, welche der Verfasser verfolgt und welche durch zahlreiche, der Praxis entnommene Beispiele erläute[redacted] mit Erfolg angewendet und daher von besonderem Wert. Der F[redacted] Buches sogleich, daß in allem praktische Erfa[redacted]e große Anzahl in den Text gedruckte Abbildunge[redacted] den Wert des Buches, das in der vorliegenden d[redacted]ssenten finden wird.

Verlag von G. D. Baedeker in Essen.

P. Stühlens

Ingenieur-Kalender

für

Maschinen- und Hüttentechniker.

Eine gedrängte Sammlung der wichtigsten Tabellen, Formeln und Resultate aus dem Gebiete der gesamten Technik, nebst Notizbuch.

Herausgegeben von

C. Franzen,
Zivil-Ingenieur,
Köln.

K. Mathée,
Ingenieur, Oberlehrer a. d. Kgl. vereinigten Maschinenbauschulen, Köln.

In zwei Teilen.

I. Teil: (In Brieftaschenform) in 4 Abschnitten als 4 Einsteckheftchen nebst Notizblock und Faberstift.

Inhalt: 1. Einsteckheft: Kalendarium Januar – Juni, Münztabelle, Titel, Vorwort und Inhaltsverzeichnis. I. Mathematik. II. Masse und Gewichte. III. Chemisches. IV. Mechanik. V. Elastizität und Festigkeit. VI. Wärme. — Postwesen. Telegraphie. Kalendarium Juli—Dezember; 2. Einsteckheft: VII. Einfache Maschinenteile. VIII. Dampfkessel. IX. Motoren. X. Pumpen und Gebläse. XI. Technologisches. XII. Bauwissenschaftliches. XIII. Eisenbahnen. XIV. Elektrotechnik. XV. Eisenhüttenwesen; 3. Einsteckheft: Termin-Kalender I. Januar—Juli. Voraus geht die Tabelle für die Veranlagung der Einkommensteuer in Preußen, Sachsen und Hamburg; 4. Einsteckheft: Termin-Kalender II. Juli—Dezember und Januar des folgenden Jahres.

II. Teil: (für den Arbeitstisch) mit dem Gewerblichen und Literarischen Anzeiger und dem Bezugsquellen- und Adressen-Verzeichnis.

Inhalt: Maße und Gewichte, Chemisches, Wärme, Einfache Maschinenteile, Heizung und Lüftung, Dampfkessel, Elektrotechnik, Gewerblicher Rechtsschutz, Verschiedenes, Personalien der technischen Vereine, Technische Lehranstalten.

Preis beider Teile zusammen nur Mk. 3.—.

Bei dem stetigen Anwachsen des Stoffes für Stühlens-Ingenieurkalender wurde es vom Jahrgang 1905 ab für erforderlich gehalten, auf tunlichste Verringerung der Dicke des Kalenders Bedacht zu nehmen, damit er noch bequem in der Tasche getragen werden kann. Da es keinen Zweck hat, stets den Terminkalender für das ganze Jahr bei sich zu führen, ist er in zwei Hälften geteilt, deren jede für sich in den Einband eingeschoben werden kann. Man braucht also immer nur den Kalender für ein halbes Jahr mit sich zu führen, wobei, um Unzuträglichkeiten zu vermeiden, jeder Hälfte noch der Kalender für den folgenden Monat beigefügt ist. Ebenso ist der Text in zwei je für sich in den Einband einschiebbare Hälften zerlegt, und zwar enthält die erste Hälfte die allgemeinen Tabellen über Mathematik, Masse und Gewichte, Mechanik, Wärme usw., während die zweite Hälfte diejenigen Angaben enthält, welche wohl die meisten Fachgenossen nicht immer zur Hand zu haben brauchen. Man hat also die Möglichkeit, die Dicke des Kalenders um die Hälfte einzuschränken, indem man nur die allgemeinen Tabellen und die laufende Hälfte des Terminkalenders hineinsteckt, selbst diejenigen, welche den ganzen Text mitführen wollen, können durch Herausnahme einer Hälfte des Terminkalenders die Dicke um ein Viertel ermässigen. Durch diese Einrichtung in Verbindung mit dem sehr schmiegsamen Einband haben Herausgeber und Verlagshandlung einen wirklich bequemen in der Tasche zu tragenden Kalender geschaffen.

P. Stühlens

Ingenieur-Kalender

für

Maschinen- und Hüttentechniker.

Eine gedrängte Sammlung der wichtigsten Tabellen, Formeln und Resultate aus dem Gebiete der gesamten Technik, nebst Notizbuch.

Herausgegeben von

C. Franzen,
Zivil-Ingenieur,
Köln.

K. Mathée,
Ingenieur, Oberlehrer a. d. Kgl. vereinigten Maschinenbauschulen, Köln.

In zwei Teilen.

I. Teil: (In Brieftaschenform) in 4 Abschnitten als 4 Einsteckheftchen nebst Notizblock und Faberstift.

Inhalt: 1. Einsteckheft: Kalendarium Januar – Juni, Münztabelle, Titel, Vorwort und Inhaltsverzeichnis. I. Mathematik. II. Masse und Gewichte. III. Chemisches. IV. Mechanik. V. Elastizität und Festigkeit. VI. Wärme. — Postwesen. Telegraphie. Kalendarium Juli—Dezember; 2. Einsteckheft: VII. Einfache Maschinenteile. VIII. Dampfkessel. IX. Motoren. X. Pumpen und Gebläse. XI. Technologisches. XII. Bauwissenschaftliches. XIII. Eisenbahnen. XIV. Elektrotechnik. XV. Eisenhüttenwesen; 3. Einsteckheft: Termin-Kalender I. Januar—Juli. Voraus geht die Tabelle für die Veranlagung der Einkommensteuer in Preußen, Sachsen und Hamburg; 4. Einsteckheft: Termin-Kalender II. Juli—Dezember und Januar des folgenden Jahres.

II. Teil: (für den Arbeitstisch) mit dem Gewerblichen und Literarischen Anzeiger und dem Bezugsquellen- und Adressen-Verzeichnis.

Inhalt: Maße und Gewichte, Chemisches, Wärme, Einfache Maschinenteile, Heizung und Lüftung, Dampfkessel, Elektrotechnik, Gewerblicher Rechtsschutz, Verschiedenes, Personalien der technischen Vereine, Technische Lehranstalten.

Preis beider Teile zusammen nur Mk. 3.—.

Bei dem stetigen Anwachsen des Stoffes für Stühlens-Ingenieurkalender wurde es vom Jahrgang 1905 ab für erforderlich gehalten, auf tunlichste Verringerung der Dicke des Kalenders Bedacht zu nehmen, damit er noch bequem in der Tasche getragen werden kann. Da es keinen Zweck hat, stets den Terminkalender für das ganze Jahr bei sich zu führen, ist er in zwei Hälften geteilt, deren jede für sich in den Einband eingeschoben werden kann. Man braucht also immer nur den Kalender für ein halbes Jahr mit sich zu führen, wobei, um Unzuträglichkeiten zu vermeiden, jeder Hälfte noch der Kalender für den folgenden Monat beigefügt ist. Ebenso ist der Text in zwei je für sich in den Einband einschiebbare Hälften zerlegt, und zwar enthält die erste Hälfte die allgemeinen Tabellen über Mathematik, Masse und Gewichte, Mechanik, Wärme usw., während die zweite Hälfte diejenigen Angaben enthält, welche wohl die meisten Fachgenossen nicht immer zur Hand zu haben brauchen. Man hat also die Möglichkeit, die Dicke des Kalenders um die Hälfte einzuschränken, indem man nur die allgemeinen Tabellen und die laufende Hälfte des Terminkalenders hineinsteckt, selbst diejenigen, welche den ganzen Text mitführen wollen, können durch Herausnahme einer Hälfte des Terminkalenders die Dicke um ein Viertel ermässigen. Durch diese Einrichtung in Verbindung mit dem sehr schmiegsamen Einband haben Herausgeber und Verlagshandlung einen wirklich bequemen in der Tasche zu tragenden Kalender geschaffen.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
307211
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.
R 1905 L

Kalkulation und Technik

der

Eisengießerei

von

A. Messerschmitt,
Ingenieur.

Dritte, erweiterte und durchgesehene Auflage

in zwei unabhängigen Bänden.

Band II.

Die Technik in der Eisengießerei und praktische Wissenschaft.

Essen a. d. Ruhr.
G. D. Baedeker, Verlagshandlung.
1904.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
307911
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.
1905 L

Die

Technik in der Eisengießerei

und

praktische Wissenschaft.

Analysen, Gattierungen, Festigkeiten, Schmelzöfen, Trockenkammern, Inoxydation, Formmaschinen, Allgemeines

sowie

die Schweißverfahren und Gußeisen-Veredelung nach dem Verfahren von Dr. Goldschmidt

von

A. Messerschmitt,
Ingenieur

erläutert mit 15 Zeichnungen und 28 Skizzen.

Essen a. d. Ruhr.
G. D. Baedeker, Verlagshandlung.
1904.

Vorrede zur III. Auflage.

Die nunmehr vorliegende III. Auflage der „Gießerei-Kalkulation“ ist vom Verfasser in zwei unabhängige Teile getrennt worden, um das Werkchen den Bedürfnissen weiterer Kreise anzupassen. Der erste Teil — Band I — enthält die eigentliche Kalkulation mit den Verträgen und Beispielen.

Der zweite Teil — Band II — ist neu bearbeitet und ist alles Neue auf dem Gebiete des Wissenschaftlichen, soweit es dem Charakter des Werkchens entspricht, berücksichtigt. Manche Kapitel sind vervollkommnet und andere neu hinzugekommen als: die neuesten Analysen aller Gießerei-Roheisen; die Eigenschaften der Stoffe im Roh-Materiale; die Roheisen-Anwendung und die Gattierungen für den Poterie-Maschinen-Spezial-Hart-Weich- und den Hämatit-Guß; die Schmelzvorgänge; die zweckmäßigsten Kupolöfen und Trockenkammern; die Schweißverfahren; die Wirkungsweise des Schmelzvorganges im Kupolofen, der geringere oder größere Koksverbrauch, dessen Ursache und Wirkung, sowie ein Kapitel über das „Schweißverfahren und die Gußeisen-Veredelung“ nach dem Verfahren von Dr. Goldschmidt in Essen a. d. R.

Die Tabellen für die Gewichte von Gießerei-Produkten und sonst für die Kalkulation geeignete, die spezifischen Gewichte, mathematische Tabellen, Preise von eisernen Modellen sind dem ersten Teil — Band I — des Werkes zugewiesen worden. Dagegen sind andere nützliche Tabellen, insbesondere über Wärme sowie über die Grundbegriffe derselben und über Festigkeit neu hinzugekommen.

Der Verfasser hat in dem Werkchen wesentlich seine 40jährigen Erfahrungen wiedergegeben; die besprochenen und skizzierten Kupolofensysteme sowie die Trockenkammern sind die in seinem Betriebe angewandten, verbesserten und neu von ihm durchgearbeiteten. Der Fachmann wird leicht finden, daß allenthalben Erfahrungen geboten werden. Der Verfasser gibt sich daher der Hoffnung hin, daß sein Buch in seiner neuen Gestaltung ebensoviel Anerkennung finden möchte, wie die früheren Auflagen.

Darmstadt, 1904.

Der Verfasser.

Inhalt.

Seite

Vorwort zur III. Auflage IV

I. Abteilung.

I. Analysen von Roheisen-Marken 1
Koksroheisen: I. Deutsche Marken: 2
a) Graues Gießerei-Roheisen 2
b) Graues Hämatiteisen 4
c) Weißes Gießerei-Eisen 4
Holzkohlen-Roheisen 5
Koksroheisen: II. Englische Marken 5
III. Diverse ausländische Marken-, Bruch- und Brandeisen 6
II. Analysen von Stahl, Eisen und Stahlformguß . . . 7
Fluß-Schmiedeisen, Stahl 7
Martin, Tiegel, Temper, Thermit-Formguß 9
III. Analysen der Gebrauchs-Materialien 10
Koks, Graphit, Kalkstein. Dolomit, Magnesit, Flußspat, Sande, Tone, Steine, Tiegel, Brennstoffe und Heizwerte, Brennwertvergleiche, Eisenoxyd 11
IV. Die Eisengattierungen 14
A. Die Bestandteile des Roheisens und deren Einflüsse 14
a) Kohlenstoff, b) Silicium, c) Mangan, d) Phosphor, 14
e) Schwefel, f) Kupfer, g) Kobalt und Nickel, h) Arsen, i) Chrom, k) Blei, Zink, Zinn, l) Erd- und Alkali-Metalle, m) Titan 14
B. Aluminium und die Eisen-Reinigungsmittel . . . 26
C. Die Roheisen-Sorten und ihre Anwendung . . . 29
a) Koksroheisen, b) Holzkohleneisen 33
D. Die Gußwaren 33
I. Potterieguß, II. Bau- und Maschinenguß, III. Spezialguß, IV. Hart- und Zentrifugalguß, Flammofenguß. V. Hämatitguß
E. Stahl- und Schmiedeisen-Zusätze 62
F. Veränderungen des Roheisens beim Niederschmelzen 67
V. Festigkeit und Elastizität 73
A. Einfluss der Stoffverbindungen 73
B. Festigkeitstabelle 78
C. Über die Festigkeitsarten des Gußeisens 79
I. Druckfestigkeit, II. Zugfestigkeit, III. Biegungsfestigkeit

Seite

D. Über die Ursachen der Festigkeitsänderungen . . 94
E. Festigkeit von Hämatitguß 98
F. Verunreinigung des Roheisens 99
VI. Das Brandeisen 101
VII. Feuer- und Säuren-Einflüsse auf das Gußeisen . . . 103
Stoffwanderungen infolge von Wärmeeinfluß
VIII. Schwindmaße, Lunkern, Schwimmen 109
Schwindung, Schwimmen, Temperaturwirkungen . . 109
IX. Schmelztemperatur und Gießfähigkeit 113
X. Garschaumausscheidungen und dichter Guß 116
a) Garschaum, b) Wanzenbildung, c) Kügelchenbildung, d) Nieren, e) Müllstellen 116
XI. Gebläse und Schmelzung 121
Ventilatoren, Kapselgebläse, Wirkungsgrad, Gebläse-Wahl und Größe, Winddruck, Ofenquerschnitt, Ofenhöhen und -Flächen, Koksverbrauch, Ofengrößen, Gießereikoks, Gichtsätze, Kalksteine, Flußspat, Verbrennung, Abbrand, Füllkokshöhe, Windleitung, Windzufuhr, Schlacke.
XII. Die Formmaterialien und Wärmeschutzmittel 147
I. Sand, Lehm, Masse, Schlichte 147
II. Das Stäuben und Schwärzen der Formen . . . 152
III. Surrogate und Mischungen für Masse, Kerne und Schwärzen 157
IV. Die feuerfesten Steinmaterialien 162
I. Natürliche, II. Künstliche: Schamotte-, Quarz-, Magnesit-, Dolomit-, Kupolofen- und Kohlensteine
V. Die Wärmeschutzmittel 167
VI. Kupolofen-Ausmauerung 171
Ofen I, II, III, IV, Schmelzkostenvergleiche . . 171

II. Abteilung.

I. Die Schmelzöfen und Trockenkammern 178
A. Die Kupolöfen 178
I. Allgemeines 178
II. Besprechung von Öfen 184
4 Zeichnungen.
III. Wärmeeffekt beim Kupolofenbetrieb 199
B. Die Flammöfen 201
Wirkung, Dimensionen, Bauarten mit 2 Zeichnungen ausgeführter Öfen.
C. Die Trockenkammern und Trockenapparate 204
I. Die Trockenkammern oder Brennöfen mit 204
Zeichnung eines neueren Ofens, Bauart, Bedienung, Koksverbrauch.
II. Die Trockenapparate 216

Seite

II. Die Inoxydation des Gußeisens 221
I. Bower-Barff-Daumesnil-Verfahren 221
II. Bertrand-Verfahren 230
III. Sonstige Rostschutzmittel 231
Zement, Teer, Anstriche.
III. Die Schweiß-Verfahren des Gußeisens 234
I. Das alte Schweißverfahren 234
II. Das Schweißverfahren von Dr. Hans Goldschmidt in Essen a. d. R. 238
III. Das elektrische Schweißverfahren 246
IV. Das Löten des Gußeisens 250
IV. Die Gußeisen-Veredelung nach dem Verfahren von Dr. H. Goldschmidt in Essen a. d. R. 251
I. Der Zusatz von Thermiteisen zum Eisenbade . . . 251
II. Der Zusatz von Titan zum Eisenbade 253
III. Der Zusatz von Nickel zum Eisenbade 255

III. Abteilung.

I. Der Form-Maschinenbetrieb mit 2 Blatt Zeichnungen und Skizzen 257
Über mechanische Preß- und Stampfarbeit 267
II. Das Beschicken der Kupolöfen 269
Aufzug-Abwägung mit Zeichnung eines Gichtaufzuges
III. Allgemeine Regeln und Rekapitulationen mit Skizzen . . 273
Kupolofenanlagen, Wagen, Schmelzzone, Rastteile, Türen, Entleerung, Windführung, Ofenhöhe, Winddruck, Schachthauben, Düsengrößen, Füllkoks, Schmelzkoks, Kalksteine, Flußspat, Ofenform, Aufhängen der Gichten, Abstiche, Spezialgüsse; Ofenanheizung, langsames Schmelzen, Kokssätze, Gichtsätze.
IV. Die Kitte der Eisengießerei 291
V. Vorschriften über Gußwaren-Lieferungen 295
I. Gußeisen, II. Stahlformguß, III. Probestäbe . . 295
VI. Über die Zulässigkeit von Vorschriften von Gußwarenlieferungen und die Prüfungen 298
Allgemeines, Prüfungsstäbe, Zug-, Druck-, Biegungs-, Schlagfestigkeiten, Chemische Aufklärung, Arbeitsvermögen 298
VII. Chemisches-Physikalisches 309
I. Grundbegriffe und Einheiten der Wärme; Luft; Wasserdampf; Wärmeleitung; Pferdekraft; Tabellen über Wärmeleitung, Dichte, Wärme-Effekten, Festigkeitsbegriffe 309
II. Roheisen-Gießwärme 316
III. Über das Ausglühen und Glühtemperaturen; Dehnungstabellen 318

Seite

Anhang.

Verzeichnis der Koks erzeugenden Zechen in Rheinland und Westfalen 325
Deutsche Hüttenwerke für Roheisen-Erzeugung:
A. Koksroheisen 327
I. Rheinisch-Westfälisches Roheisen-Syndikat und sonstige Werke 327
II. Verein für den Verkauf von Siegerländer Roheisen und sonstige Werke 328
III. Königliche und andere Hochofenwerke 329
IV. Luxemburger Roheisen-Syndikat und sonstige . . 329
V. Oberschlesische Hüttenwerke 330
VI. Hochofenwerke an der Saar 330
B. Holzkohlen-Roheisen-Hütten 330

Inhalt an Zeichnungen und Skizzen.

4 Figuren, Diagramme von Druckfestigkeit . . . . . 80—81
5 „ von Zerreißstäben . . . . . 83—86
2 „ über Windeinströmungen 143
2 „ von Schwärze als Eisen 155
1 Zeichnung: Kupolofen mit Vorherd 187
2 „ Kupolofen, rechteckig mit Sammelraum . . 190—191
2 „ Ofen für Spezialguß, aufhebbar . . . . 194—195
1 „ Dauerbrandofen mit Sammelraum 197
2 „ Flammöfen . . . . . Anhang
2 „ Trockenkammer mit regulierbarer Feuerung 208—209
1 „ Transportabler Trockenofen 217
3 Figuren Details dazu 219
3 „ über „Schweißen“ . . . . . 235—238
1 Zeichnung Tafel I, Rohrformmaschinen . . . . . Anhang
1 „ „ II, Details zur Formmaschine . . . „
1 Figur, Formkasten 260
2 Zeichnungen, Gichtaufzug . . . . . 272—273
2 Figuren, Gichtwage 274
1 „ Gichthaube 278
1 „ Zerreißstab-Façon 303

I. Abteilung.

Über die Analysen der Roheisen-Marken.

Die Kenntnis von der Zusammensetzung der Roheisen und deren Eigenschaften ist eine sehr wichtige, so daß derselben große Aufmerksamkeit gewidmet werden muß, wenn nicht anders Gießereiprodukte erzielt werden sollen, welche den an sie gestellten Anforderungen nicht genügen. — Ehedem, bei der Beschränktheit der Hüttenwerke, der geringen Anzahl der Gießereien wie der Verkehrswege, waren die Gießhütten an Erzeugnisse gebunden, welche im allgemeinen gleiche Eigenschaften besaßen und war es eine vornehmliche Eigenschaft des Gießmeisters, die nur der Erfahrung entsprungene Anwendung jener für die bestimmten Zwecke auszunutzen und zu wahren. Heute, nachdem man auf dem Wege der Analyse die Zusammensetzung des Roheisens und dessen Eigenschaften daraus kennen gelernt hat, verschwinden mehr und mehr diese alten Erfahrungsregeln; der Gießereibetrieb erhält eine kaufmännische Signatur, man kauft seine Ware überall da, wo solche am billigsten ist und gattiert die verschiedenen Sorten, so wie es die Anforderungen an das Gußstück erheischen. Die praktischen Erfahrungen, welche früher gewissen bestimmten Roheisensorten in ihrer Anwendung zu grunde lagen, sind überflüssig geworden, an deren Stelle ist die Theorie mit dem Kaufmann Hand in Hand getreten und der alte Gießmeister ist ein Formermeister geworden.

Die Kenntnis der im Handel zumeist vorkommenden Roheisensorten in ihrer Zusammensetzung ist daher eine notwendige und nützliche, weshalb hier eine Reihe Mittelzahlen von Analysen sich aufgeführt findet, woran sich Betrachtungen über deren Verwendung und Gattierung zu gewissen Zwecken anreihen.

Die weiterhin aufgeführten Analysen über die Gießereimaterialien, über Eisen, Stahl und Formguß-Stahl sind nicht weniger beachtungswert.

I. Analysen von Roheisen-Marken.

Koks-Roheisen.

a) Graues Gießerei-Roheisen.

I. Deutsche Marken.

Nach Angeboten der Roheisen-Händler:

Marken Nr. I	Kohlenstoff			Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Angebot
	Graphit	gebund.	total						
Gutehoffn. H.	3,4—3,6	0,4—0,5	3,8 - 4,0	2,2 - 2,8	0,4—0,6	0,02	0,7 - 0,9	0,04	1902
Niederrhein. H.	3,4—3,5	0,4 - 0,5	3,8—4,0	2,3 - 2,7	0,5 - 0,7	0,02	0,8 - 1,0	unb.	1897
Friedr. Wilh. H.	3,46	0,38	3,84	2,3—2,8	0,70	0,02	0,8 - 1,0	0,03	1902
Phönix	3,57	0,32	3,89	2,5 - 3,0	0,75	0,02	0,5 - 0,7	0,01	1902
Schalker Ver.[1])	3,6—3,9	0,3 - 0,4	3,9 - 4,3	2,0—2,5	0,55	0,03	0,6 - 0,9	0,05	1903
Buderus	3,2 - 3,7	0,40	3,6 - 4,2	2,0 - 2,8	0,60	0,03	0,5—0,8	unb.	1902
Allgemein[2])	3,48	0,39	3,87	3,34	0,53	0,02	0,78	0,018	1903
Gleiwitzer (nach Jüngst)	2,24	1,10	3,34	3,02	0,25	0,01	2,01	unb.	
Silicium-Gehalt wird nach Wunsch geliefert für Marken I.									
Silicium-Marken[2])	—	—	1 2 - 1,7	10—12	0,08-0,14	0,02	0,7—2,9	0.05-0,66	1903
Nr. III	Nach Angeboten der Roheisenhändler.								
Gutehoffn. H.	3,4 - 3,7	0,2 - 0,4	3,8	2—2.8	1,00	0,04	0,30	unb.	1899
Niederrhein. H.	3,2 - 3,4	0,4 - 0,6	3 6 - 4,0	1,5—2,5	0,40	0,02	0,8—1,2	0,04	1902
Friedr. Wilh. H.	3,37	0,50	3,87	2 37	0,77	0,02	0,82	0,00	1902
Phönix	3,81	0,17	3.98	2,40	0,90	0,04	0,60	0,05	1895
Buderus	3,5—3,8	0,40	3,8—4,2	2,2 - 2,5	0,8 - 1,0	0,03	0,60	unb.	1902
Agnesen H.	—	—	3,96	1,5 - 2,0	0,50	0,03	0,54	„	1902

1) Aus vom Verfasser ges. Nachprüfungen.

2) Aus „Eisenhüttenwesen" vom Ver. d. Hüttenleute 1903.

Marken Nr. III.	Kohlenstoff			Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Angebot
	Graphit	gebund.	total						
Mathilden H.	3,27	0,53	3,80	1,6–2,2	1,30	0,01	0,24	unb.	1901
Allgemein [1]	3,38	0,50	3,88	2,57	0,88	0,02	0,82	„	1903
Nachprüfung. [2]	3,5–3,6	0,3–0,35	3,7–3,9	1,4–2,7	0,3–0,6	0,025	0,6–0,9	„	1902
Luxemburger Marken nach Angeboten.									
Nr. III	3,55	0,35	3,90	2,0–2,5	1,85	Spur	0,40	unb.	1902
Nr. III	3,20	0,50	3,70	1,5–2,1	1,8–2,2	0,05	0,63	„	1897
Nr. V	3,3	0,50	3,80	1,5–1,7	1,88	Spur	0,40	„	1902
Lothringen III	3,31	1,00	4,31	2,20	1,80	0,04	0,40	„	1901
„ III [1]	—	—	3,61	2,70	1,83	0,04	0,53	0,06	1903
Luxemburg I	2,98	0,37	3,35	2,06	1,92	Spur	0,44	unb.	1886
„ III	2,66	0,39	3,05	1,70	1,76	„	0,36	„	1886
„ V	2,58	0,33	2,91	1,51	1,82	0,01	0,42	„	1886
Nachprüf. III [2]	3,55	0,30	3,85	1,8–2,5	1,5–1,8	Spur	0,45	„	1902

Die Marken I und III gaben mit gutem Brucheisen gattiert eine Festigkeit von: 10—14 kg für Zug, 25—29 kg für Biegung, 60—70 kg für Druck pro qmm.

Siegerländer Marken.

Nach Angaben der Roheisen-Händler.

Grau: B	—	—	3,25	2,80	0,30	—	1,60	Spur	1894
Rolandsh. grau	3–3,4	0,2–0,8	3,2–4	1,5–3,5	0,45	0,05	0,5–1,5	„	1903
„ weiß	0,2	3,4	3,60	0,30	0,20	0,05	0,8–3,0	0,2	1903
Allgemein Nr. I	—	—	3,5–4	3,00	0,40	0,02	0,50	Spur	1903
„ Nr. III	—	—	3,5	2,00	0,50	0,02	0,50	„	1903

Grau: Für Zylinderguß, Brechbacken, Kollergänge, Gleitbacken.
Weiß: Für Walzenguß, Säuregefässe, Zusatzeisen für Härte u. Festigkeit.

Allgemein enthalten die Spezialmarken des Siegerlandes:

Puddeleisen (grau-weiß)	—	—	3,5	0,8–0,3	0,2–0,3	0,02 bis 0,03	2–3,0	0,2–0,3	1903
Stahleisen (weißstrahlig)	—	—	3,5	0,2	0,08	Spur	4–6,0	0,3	1903
Beßemer	—	—	3,5	2–4	0,09	„	4–6,0	—	1903
Gießereieisen (grobk. feink.)	—	bis 0,8	4–3,5	3–2	0,4	0,02 bis 0,03	0,5–1,5	Spur	1903
Walzengußeis. (grau-weiß)	—	—	2,8	2,2–1,5	0,1–0,15	0,04	2–3,0	—	1901

Puddeleisen: dient zu Schweißeisen. — Stahleisen: zu Flußeisen. — Beßemereisen: zur Schienenfabrikation und zu Walzenguß in Gießereien, sowie für feuerbeständigen Guß. — Gießereieisen: a) grau: zu festen Gegenständen, b) feinkörnig: Zusatz zu Zylinderguß etc. — Walzengußeisen: zu Weich- und Hartwalzen, säurebeständig und feuerfester Guß, Roststäben.

Bei Stahleisen wird, für gut schweißbares Flußeisen, großer Wert auf wenig Kupfergehalt gelegt, da dieses die Schweißbarkeit beeinträchtigt.

1) Aus „Eisenhüttenwesen" vom Ver. d. Hüttenleute 1903.
2) Aus vom Verfasser ges. Nachprüfungen.

Marken	Kohlenstoff			Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Angebot
	Graphit	gebund.	total						
Kalt erblasen. Spezialm. (grau)			3,92	2,25	0,10	0,03	3—3,5		1903
Thomaseisen aus Rheinl.-Westf. enthält:				0,1—0,5 Sil.	bei 2,5—3,0 Ph.	u. ca.	2% Mn.		1903

b) Deutsches graues Hämatit-Roheisen.

Nr. I	Nach Angeboten der Roheisen-Händler.								
Hörder Ver.	3,5—3,8	0,2—0,5	4,00	2—3,5	0,08	0,03	0,8—1,3	Spur	1902
Phönix	3,1—3,2	0,40	3,3—3,6	2,5—3,0	0,07	0,015	0,9—1,4	0,04	1902
Friedr. Wilh. H.	3,3—3,5	0,3—0,5	3,80	3—3,5	0,08	0,02	0,9—1,2	0,02	1902
Gutehoffn. H.	3,65	0,25	3,90	2,80	0,07	0,02	1,15	Spur	1893
Kupferhütte	3,70	0,30	4,00	2,6—3,0	0,06	0,02	0,80	0,16	1895
Schalker Ver.	3,80	0,30	4,10	2,3—3,0	0,06	0,025	1,0	0,07	1902
Bochumer Ver.	3,6—4,0	0,4—0,7	4,10	2,8—3,2	0,06	0,015	1,70	0,04	1902
Krupp	3,6—3,8	0,30	4,00	2,8—3,2	0,045	0,02	1,2—1,4	0,03	1902
Nachprüfung.[1]) (diverse)	3,6—3,8	0,25—0,3	3,8—4,1	2,0—3,5	—0,08	-0,04	0,23—1,0	—0,09	1903

Deutsches Hämatit-Roheisen.

Nr. III	Nach Angeboten der Roheisen-Händler.								
Bochumer V.	3,7—4,0	0,4—0,6	4,1—4,3	2,0—2,8	0,06	0,05	1,7	0,04	1902
Phönix	3,1—3,2	0,4—0,5	3,60	2,0—2,5	0,08	0,05	1—1,5	0,05	1902
Kupferhütte[2])	3,60	0,38	3,98	1,85	0,06	0,04	0 71	0,21	1903
grau do. Spezial[2])	bis 3,05	bis 0,7	3,75	1,3—1,5	—0,07	0,04	0,2—0,3	0,2—0,3	1903
do. Spezial[2])	3,35	0,40	3,75	1,7—2,0	0.06	0,04	0,07—0,1	0,2—0,3	1897
Schalker spezial meliert, für Zylinderguß	0,13	3,42	3,55	0,6—0,9	0,07—0,1	0,07	0,50	0,09	1903

Die Hämatit-Marken I und III mit gutem Brucheisen zu Feinkorn gattiert, geben pro qmm Festigkeit: Zug 14 kg, Biegung bis 35 kg, Druck bis 70 kg und besitzen die Produkte keinerlei Spröde.

Bessemer-Eisen Nr. I — Nr. III	Es hat mit Ausnahme des Mangangehaltes, welcher zwischen 2—2,5% schwankt, dieselbe Zusammensetzung wie die Hämatite I und III.

c) Weißes Gießerei-Zusatz-Eisen.

Deutsche Marken und andere	Kohlenstoff	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Lieferung: Stahl- und Eisengießerei 1901
Spiegeleisen	4,0—5,3	0,00—0,2	0,01-0,28	0,0—0,05	4,7—18.7	0,1—0,16	
Weiß-Strahl	2,9—3,9	0,6—0,8	0,09-1,07	0,0—0,02	3,5—4,8	unb	
Eisen-Mangan	5,3—6,9	0,02—2.5	0,0—0,38	—	35—77	0,17-0,37	
Weißeisen	3,42	0,29	0,06	0,02	0,15	unb.	
Ungar. Weißstrahl	4,27	0,32	0,04	Spur	2,22	0,24	
Cumberl. Weißeisen	3,03	0,28	0,02	0,10	0,16	unb.	

1) Vom Verfasser gesammelten Prüfungen.

2) Besitzen auch einen Arsengehalt von 0,1% und mehr; auch 0,04% Antimon.

Deutsche Marken und andere	Kohlenstoff	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Angebot
Schwedisch-Weißeisen:	4,1 Graph. 2,2 geb. 1,9	0,14	0,025	0,005	0,10	unb.	1902
do. Nachprüfung:	3,9	0,24	0,03	0,06	0,09	unb.	1902
Kupf. H. Duisburg	3,10	0,8	0,07	unb.	0,20	0,25	1902
Ia Spiegeleis. Siegener	4,5	0,1	0,07	0,04	11,00	0,20	1903

Holzkohlen-Roheisen.

Deutsche Marken, nach Angeboten der Roheisen-Händler.

Marken kalt erblasen	Graphit	geb. Kohle	Ges. Kohle	Silicium	Posphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Farbe
Für: Zylinder-,	1,60	0,30	1,90	0,70	0,40	0,04	0,25	Kupfer frei	1899, grau
Walzen-, Hart-,	2,48	1,34	3,82	1,82	0,51	0,05	0,34		grau
feuerb., säureb.	1,00	2,70	3,70	0,86	0,47	0,04	0,31		meliert
Guß	0,31	2,98	3,29	0,59	0,52	0,03	0,21		weiß
Grau: gibt bei Guß in Koquillen eine Hartschale von 10—20 mm und hat Festigkeiten von: 19 kg Zug, 37 kg Biegung, 104 kg Druck pro qmm.									
Rübeland I (Harz)	3,58	0,45	4,03	2,49	0,71	0,04	0,59	unb.	grau
do. II	3,40	0,49	3,89	1,81	0,70	unb.	0,59	„	1902
do. weiß	2,49	1,47	3,96	1–1,5	0,70	„	1,6—2,1	„	1902
Siegerländer:									
tiefgrau	—	—	3,5—4,0	2–2,5	0,20	Spur	0,5	Spur	1903
hellgrau	—	—	3,5–4,0	1,4—1,6	0,20	„	0,4—0,5	„	1903
meliert	—	—	3,5	0,5—1,0	0,20	„	0,2–0,3	„	1903
Schwedisch, grau	4,00	0,57	4,57	0,73	0,09	„	0,24	frei	1903

II. Englische Koksroheisen-Marken.

a) Middlesbrough Mark: Ayresome, Clarence, Linthorpe, Cleveland, Newport, Yorkshire.

Marken	Kohlenstoff			Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Angebot
	Graphit	gebund.	total						
Nr. I	3,43	0,08	3,51	2,28	1,37	0,09	0,50	unb.	1902
Nr. III	3,33	0,50	3,83	1,7—2,3	1,55	0,05	0,78	„	1901
Nr. III	3,33	0,18	3,51	2,24	1,48	0,07	0,50	„	1902
Nachprüfungen	3,33	0,1—0,5	3,5–3,6	1,8–2,5	1,55	0,05	0,74	„	1902

b) Schottische Marken: Coltneß, Langloan, Gartsherry, Summerlee.

Marken	Kohlenstoff			Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Angebot
	Graphit	gebund.	total						
Allgemein:	2,6–3,3	0,3–0,8	3,4–4,0	2,2–3,5	0,5–1,0	0,02	0,7–1,9	0 0–0,1	—
Coltneß	3,3	0,25	3,55	3,0	0,99	0,02	1,58	unb.	1897

Quarter, Monkland, Eglington, Kinneil.

Allgemein I (gemittelt)	3,20	0,20	3,40	4–5	1,0—1,5	0,01	1,65	unb.	1886

Englisches Roheisen ohne Gattierung hat ca. 11 kg Zugfestigkeit und 70—75 kg Druckfestigkeit pro qmm.

c) Hämatit-Roheisen: Ascam, Millom, Cumberland, Harrington.

Nr. I	3,04	0,60	3,64	2,73	0,04	0,03	0,23	unb.	1886
Nr. III	2,02	1,94	3,96	1,99	0,10	0,19	0,15	0,04	1886
West-Cumberland I	3,54	0,12	3,66	2,88	0,05	0,006	0,07	0,03	1886

d) Englisches Silicium-Roheisen.

Angebote	2,94	Spur	2,94	4–4,5	1,71	0,06	0,8	unb.	1902

III. Diverse Roheisen-Marken.

Amerikanische Marken.

Angebote	2,5–2,7	0,45	3,0	2,50	0,6–0,8	0,03	0,4–0,45	unb.	1897
Alabama I-III	3 - 3,26	0,25-0,55	3,5 - 3,6	1,9–3,8	0,5–0,8	0,03	0,9–1,2	„	1899

Nachprüfungen haben ergeben, daß der Silicium-Gehalt sehr schwankend ist und dieselben ± 0,05 % Titan enthalten.

Gutes Maschinenbruch-Eisen.

Gußschrott	2,76	0,50	3,26	2,02	0,80	0,11	0,55	0,05	1902

Aus Handelsware gemittelt von einem Jahresdurchschnitte. Es kam Silicium bis 2,4 % vor und Phosphor bis 1,05 %.

Griechisches Roheisen.

Aus griechischen Erzen in Rheinland erblasen, ergab 0,1—0,2 Arsen und war daher zur Eisen- und Stahlfabrikation unbrauchbar.

Brand-Eisen.

Heisswindrohr 30 mm stark, Schlacken-schicht aussen u. innen 3–4 mm	Kohlenstoff			Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Angebot
	Graphit	gebund.	total						
Aus der Mitte	2,87	Spur	2,87	2,02	0,996	0,086	0,84	unb.	1885
Unterhalb der Schlacke	unb.	unb.	unb.	2,27	0,992	0,064	0,72	„	1885
Die Schlacke selbst	„	„	„	2,92	unb.	unb.	0,80	„	1885
Kocksofentür:									
Gesunder Teil	unb.	unb	unb.	2,57	1,71	unb.	0,88	unb.	„Stahl- und Eisen“ 1895
Glühspan	„	„	„	5,79	4,19	„	1,16	„	

II. Analysen von Stahl-Eisen- und Stahlguß.

a) Bessemer Stahl-Flußeisen.

Gattung	Kohlenstoff	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Festigk. / Dehnung	Jahr
Schienen, deutsch	0,4–0,5	0,3–0,35	0,06–0,10	0,03–0,06	0,6–1 0	Spur – 0,08	66	1902
Schienen, engl.	0,35–0,47	0,05 - 0,07	0,04 - 0,06	0,006–0,06	0,77–0,96	unb.	67	1892
Bleche, deutsch, gew.	0,20	Spur	0,059	0,05	0,35	Spur		1902
Bleche, do , hart	0,62	0,28	0,07	0,06	1,05	0,07	89 / 7	1902

b) Thomas Stahl-Flußeisen.

Schienen, deutsch	0,25 0,48	0,00 - 0,01	0,04–0,10	0,02 – 0,05	0,56 - 0,95	unb.	65	1902
Bleche, deutsch	0,077	0,002	0,074	0,052	0,64	0,15	40 / 20	1902
Schienen, engl.	0,26 - 0,50	0,02 – 0,10	0,05 – 0,06	0,11 – 0,22	0,8–1,20	unb.	66	1893

c) Martin Stahl-Flußeisen.

Schienen, deutsch	0,36	0,16	0,04	0,05	0,98	0,06	66 / 16	1902
Bleche: weich	0,09	0,02	0,04	0,05	0,37	0,06	37 / 26	1902
hart	0,62	0,14	0,04	0,05	0,89	0,06	80 / 8	1902
Stabeisen, schweißbar	0,11	0,06	0,04	0,05	0,64	0,04	40 / 26	1902

d) Schmiede-Eisen.

Gattung	Kohlenstoff	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Festigk. / Dehnung	Jahr
Stabeisen, sehnig	gbd. 0,1 ungeb. bis 0,20	Spur bis 0,06	Spur bis 0,12 bei 0,16 Kaltbr.	Spur bis 0,003	Spur bis 0,3	0,048 Rotbr.	36 / 18	1903
Stabeisen, körnig	gbd. 0,2–0,4 ungeb. bis 0,25	Spur bis 0,01	bei 0,3 Grobkorn-Bruch	bei 0,02 Rotbruch	0,30	0,04–0,1 Rotbr.	38 / 12	1903
Panzerplatten	0,04–0,07	0,1–0,2	0,16	Spur bis 0,01	0,10	unb.	30 / 20	1885

e) Werkzeug-Stahl.

Im Mittel	1,20	0,30	0,01	0,007	0,27	unb.	100	1902

Der Kohlenstoffgehalt beträgt bei Bessemer Produkten:

Schienenstahl, ziemlich hart . . . . . 0,25 %
Werkzeugstahl für Meißel und Feilen . . . . 0,65 %
Hartstahl für Hartwalzen, Nadeln . . . . . 0,80 %.

Für Flußeisen und Flußstahl

rechnet man für:	0,05	0,10	0,20	0,35	0,55	0,75 % Kohlenstoff
Zugfestigkeit	35	39	48	62	82	100 kg pro qmm
Dehnung	32	28	24	18	14	2 % auf 100 mm

nach Angeboten der Materialhändler.

Spezifische Gewichte.

Nach neuen Ermittelungen, für

Bessemer Stahl . . . . . 7,840.
Thomas-Stahl . . . . . 7,895.

Best bewährte Eisenbahnschienen enthielten im Mittel: 0,30 % Mn., 0,10 % Si., 0,32 % C.

Stahl-Form-Guß.

a) Gußstahl.

Er wird in Martinöfen oder Tiegeln geschmolzen; die Qualität ist die gleiche und heißt „Gußstahl“ gemeinhin.

Gattung	Kohlenstoff	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer	Festigk. / Dehnung	Jahr
Glocken, Boch.-Ver.	1,2–1,3	0,1–0,35	0,05–0,07	0,04	0,8–1,0	0,05	70	1902
Herzstücke „	1,2–1,3	0,1–0,25	0,07–0,09	0,04	0,8–1,0	0,05	70/5	1902
Preßzylinder „	0,80	0,25	0,07–0,09	0,04	0,60	0,05	60/8	1902
Maschinenteile „	0,50	0,20	0,05	0,04	0,50	0,05	40/15	1902

Nach den Angaben des Boch.-Verein vom Verfasser gemittelt.

b) Temperguß.

Gewöhnlicher	0,15–1,5	0,6–0,9	0,15–0,22	0,04–0,12	0,2–0,4	unb.	Davis	
Streckbar	0,35	0,69	0,05	0,03	0,16	„	40/20	Nach Ledebur
Schweißbar	0,38	0,92	0,07	0,05	0,21	„	36/18	

Durch das Tempern wird zumeist am Äußeren der Gußstücke die Kohlenentziehung bewirkt, so daß außen aller Kohlenstoff entfernt sein kann, während im Innern z. B. bei 1% geb. K. noch 2% Graphit vorhanden sein können.

c) Bessemer- und Thomas-Formgußstahl

direkt aus der Stahlbirne vergossen, bildet keine Handelsware und ist die chemische Zusammensetzung den Analysen derjenigen sub a und b für „Flußstahl“ entsprechend, der Guß ist undicht und besitzt schlechte Eigenschaften.

d) Thermit-Formguß

nach dem Verfahren von Dr. Goldschmidt in Tiegeln erzeugt:

Kleinmaschinenteile	0,10	0,09	0,04	0,03	0,08	0,09	39/19	1902

Der Guß enthält noch 0,07% Aluminium und ist ein reines, zähes und dabei festes Flußeisen bester Güte.

Die Stoffwahl.

Wie beim Gußeisen, so verhält es sich auch bei dem Stahl-Formguß: Mangan und Kohlenstoff bilden die beachtenswerten Stoffe für die Verwendungsart der daraus

herzustellenden Gußstücke. Alle übrigen Stoffe kommen erst in zweiter Linie in Betracht.

III. Analysen der Gebrauchs-Materialien.

Westfälischer Gießerei-Koks.

Asche	Schwefel	Marke	Marke	Asche	Schwefel
6—9	0,8—1,5	Allgemein	Vereinzelt	9,77	1,92
8,6	0,9	Hel. Am.	Friedl. N.	8,2	0,9

Der Schwefel ist in den Kohlen Westfalens amorph und daher künstlich nicht auswaschbar.

Der Phosphorgehalt ist im Koks gering, Spuren bis 0,08 % darin enthalten.

Der Wassergehalt soll 5 % nicht übersteigen.

Der Kohlenstoffgehalt schwankt zwischen 88 und 92 %.

Unter Gießereikoks versteht man die besten und ausgesuchten Brände, welche bei der Erzeugung des Hochofenkokes fallen.

Nasser Koks kann bis 20 % mehr wiegen als lufttrockener.

Amerikanischer Koks ist dem deutschen sehr ähnlich.

Gießerei-Graphit

Aus Budweis	ergab	35,6 %	Rückstände	und	Bergmittel	aller	Art.
„ Müglitz	„	59,8 %	„	„	„	„	„
„ Steiermark	„	43,5 %	„	„	„	„	„
„ Krumau	„	49,6 %	„	„	„	„	„
Roher steierischer	„	23,1 %	„	„	„	„	„
Gemahlener „	„	43,1 %	„	„	„	„	„

Bis zu 65 % Kohlenstoff-Gehalt können die angeführten Graphite geliefert werden, darüber hinaus nur in künstlicher Aufbereitung, daher nur zu höheren Preisen.

Nachprüfungen von gewöhnlichem, billigem Gießereigraphit ergaben:

Kieselsäure	Eisenoxyd	Schwefelkies	Kalk	Magnesia
18,6 %	12,416	3,666	0,616	0,291

Schwefelsäure (Gips)	Wasser	Graphitgeh.
1,49	6,23	56,688

Dieser Graphit hatte schlechte Eigenschaften, was dem großen Gehalte an Eisenoxyd und besonders dem Schwefelkies zuzuschreiben ist.

Italienischer Graphit hat nur 30 % Rückstände, er ist sehr billig, aber zu Gießereizwecken wenig brauchbar; er ist zu leicht, stäubt von den Formen leicht ab, haftet schlecht und man bezeichnet ihn als „unreifen".

Als guter „böhmischer Gießereigraphit" wurde (1902) angeboten, bei 120° C Trocknung:

Kohlenstoff	Asche inkl. Schwefel und Eisenoxyd			Feuchtigkeit
54,02 %	44,75	0,34	3,97	1,23

Guter steierischer Graphit kann bis Spuren von Schwefel und geringfügige Menge Eisenoxyd enthalten.

Kalkstein.

Kalkerde = gebrannter Kalk = Calciumoxyd = CaO.

Eisenoxyd	Kieselsäure	Tonerde	Kohlens. [1]) Kalk	Kalkerde	Magnesium-Oxyd	Kohlens. Magnesia
2,2–2,48	1,25–1,90	1,4–5,16	85,4–85,71	47,7–48,0	1,73–5,51	3,63–11,57

Aus Steinen, wie solche die Westfäl. Hochofenwerke verwenden in Prozent.

Beste Kalksteinvorkommnisse: 99,76 % kohlensaurer Kalk, 0,10 % kohlensaures Magnesia, sonst Spuren.

Dolomit-Magnesit.

Marke	Kieselsäure	Tonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Magnesia-erde	Glühverlust
Roher Dolomit	1,0–5,1	0,6–1,6	0,8–1,6	28–40	10–21	42–47
Gebrannter Dolomit	3,0–4,6	4–10	2,6–4,2	55–60	23–32	4–5 %
Künstl. Magnesia für Steine	1,5			2	96	Methode Scheibler
Magnesitsteine	Kohlensaure Magnesia mit ca. 10 % Kieselsäure.					

Flußspat

aus dem Herzogschacht bei Spitzenfelde im Harz, frei von Schwefel, Phosphor und Schwerspat.

In Stücken: 98,32 % Fluorcalcium enth. (Pro T. ca. M. 11,2 ab W
Wenn Klein: 94,56 % „ „ „ „ „ „ 4,3 „ „

Für die Verwendung im Kupolöfen soll die vollständige Abwesenheit von Schwerspat, welcher schwefelsaures Baryt ist, erforderlich sein.

[1]) $CaCO_3$ findet sich als Kalkspat, Marmor, erdige Kreide, Mergel, Kalkstein.

Feuerfeste Sande, Klebsande.

Art	Kieselsäure	Tonerde	Eisenoxyd	Kalkerde	Magnesia	Kali	Wasser
Eisenberger Klebs.	93,71	4.8	0,13	0,09	0,048	0,442	1,288
Arloffer Kaolinsand	88,70	7,90	Spur	0,90	Glühverlust 2,50		
Fetter Formsand	80–90	8–10	2–10	0 4 0	frei		
Magerer „	86–93	4–6	1–2	0–1,0	frei		
Gew. guter „	80–85	7–10	2 5	1 - 2	0 1–0,1		2–3

China Clay: Silic. 48,30, Al. 40,20, Eis.-Oxyd 0,15, Magnesia Trace, Chaux 0,10, Wasser 11,0.

Feuerfeste Tone.

Art	Kieselsäure SiO_2	Tonerde Al_2O_3	Eisenoxyd F_2O_3	Kalk CaO	Bittererde MgO	Kali K_2O	Wasser	Alkalien
Bendorf a. Rh.	75,44	17,09	1,13	0,48	0,31	0,52	—	—
Arloffer (Eifel)	56,25	31,66	0.07	Spur	0 78		10,95 geb.	—
Großalmerode	47,50	34,37	1,24	0,50	1,00	Spur	—	—
Kemmlitz (Sachsen)	54,66	31,87	0,50	—	0,88	0,89	11,58	—
Klingenberg a. M.	50	32	1,5	—	Spur	Spur	Wasser, Glühverlust 14–15	2

Die Tone schwinden beim Austrocknen ca. 10 %, bei 100° C ca. 14 %, im Porzellanofen ca. 22 %.

Feuerfeste Steine.

Art	Kieselsäure	Tonerde	Kalkerde	Eisenoxyd	Alkalien	Wasser	Bemerkungen
Deutsche natürliche Steine (von Flöha)	97,5	1,50		1,0			Bleiben in Temperatur unveränd.
Engl. Dinassteine	95,93	1,20	2,15	0,48	0,24	0,35-0,5	
„ Dinassand	96,7–98,3	0,7–1,39	0,2 - 0,69	0,3 – 0,48	0,14–0,2		

Schmelztiegel für Eisen- und Stahlguß in Prozenten.

Art	Kieselsäure	Tonerde	Eisenoxyd	Graphit	Erdteile	Schwefel	Wasser
Gute Tiegel, allgem.	35 37	11–13	1,5 - 2,0	48–50	1–1,5	—	—
Hessische u. engl.	71	23 - 25	4,0			—	—
Steyer. (Ledebur)	13	6,1	0,44	77,9	0,44	Spur	1,95

Brennmaterialien, Heizwerte.

Stoff	Wenn Wasser und Asche frei % C.	H.	O + N	S.	Asche %	Wasser %	Unterer Heizwert
Steinkohle	80–90	5,5 - 4,5	18 - 4	1 - 2	5 - 15	2–5	6600–7700
Braunkohle (erdige)	70	6	24		5–10	bis 60	lufttrock:
Lignit und Torf	60	6	34				3300–4000
Holz bei 115° getrocknet	50	6	44,5	—	0,5	luft-trock. 10	lufttrock: 3400
Hochofenkoks hat: 2% Asche mehr, Wasser bis dopp.	Koks, lufttrocken, Gießerei-Qualität: 80 - 85	1	5–2	1	10	2	7000

Erdige Braunkohle hat im Durchschnitt 45% Wassergehalt.

Unterer Heizwert bei:	45	30	0% Wassergehalt
	2700	3450	4920 Kalorien

Aus 40 Gruben nach Wolff, Zeitschr. deutsch. Ing. 1898.

Braunkohle kann bis 60% und Steinkohle bis 10% Wasser aufnehmen.

Unterer Heizwert ist diejenige Wärmemenge, die theoretisch bei der Verbrennung „frei" wird, unter der Voraussetzung, daß das bei der Verbrennung aus dem Wasserstoff des Brennmaterials gebildete Wasser dampfförmig entweicht, was bei fast allen Feuerungsanlagen in der Praxis der Fall ist.

Oberer Heizwert ergibt sich aus dem unteren durch Addition der latenten Verdampfungswärme des gebildeten Wassers.

Kohlen-Klassen	Flammkohle	Gaskohle	Kokskohle	Magerkohle	Anthracit
Feste Rückstände (Koks)	50–60	60 -70	70–80	80–90	90–100%
Flüchtige Gase	50–40	40–30	30–20	20–10	10–0%

Brennwert-Vergleiche
wenn Steinkohlenheizwert = 7500 W. E. = 1 ist.

Westf. Kohle	Oberschl. Kohle	Anthracit	Koks Ia	Braunkohle I	Braunkohle II, Torf	Holz, trock. 20% Wass.	Holzkohle
				25% Wasser			
1,00	0,88	1,08	0,94	0,54	0,44	0,47	0,93

Es verdampft äußerst 1 kg Brennstoff = kg Wasser von 0° C.

8,0	7,0	8,6	7,5	4,3	3,5	3,3	7,4

In der Praxis muß man weniger annehmen, so verdampfen: Magazinkohl. (Lagerkohl.) 5,2, Buchenholz 2,1, gering. Formtorf 2,0 und gibt völlig trockenes Holz 1 kg mehr. — (Gewerbeverein Darmstadt 1860).

1 kg Brennstoff = cbm. Verbrennungsluft:

8,0	7,0	8,6	7,5	4,5	3,8	3,6	8,0

Eisen-Oxyd.

Schwarzer Eisenspäne-Schlamm aus den chemischen Fabriken; getrocknet rotbraun.

Eisenoxyd	Eisen	Arsen	Kupfer	Phosphor	Schwefel	Salzsaur. Rückstände	Glühverlust	Trocknung
77–86%	54–60	0,05–0,08	0,08–0,28	0,4–0,47	0,75	3–4	11–12%	110° C

IV. Die Eisengattierungen.

A. Die Bestandteile des Roheisens und deren Einflüsse.

Zur Gattierung des Roheisens für die besonderen Zwecke seiner Verwendung ist es notwendig, daß man mit dessen Bestandteilen und deren Einflüssen genau bekannt sei, um daran ökonomische Vorteile knüpfen zu können.

Die wesentlichen Bestandteile des Roheisens sind:

a) Kohlenstoff.

Derselbe kommt im Roheisen — Gußeisen — in drei Formen vor: als Graphit ausgeschieden oder an das Eisen

gebunden, legiert, als Härtungskohle und als Karbidkohle. Letztere bildet sich erst nach einer Abkühlung des geschmolzenen Eisens auf 700° C. Dagegen scheidet schon bei 1100° C ein Teil des gelösten Kohlenstoffes als Graphit aus. Im flüssigen Eisen gibt es keinerlei Unterschiede, da darin aller Kohlenstoff nur gelöst — legiert — vorkommt als Härtungskohle. — Es gibt noch eine vierte Kohlenstoffart, die „Temperkohle", welche sich besonders in dem an Härtungskohle reichen Eisen, also in harten Gußstücken, durch andauerndes Ausglühen bildet. Sie ist dem Graphit ähnlich, jedoch nicht kristallinisch wie dieser, sondern „amorph", das heißt in bezug auf physikalisches Verhalten gleichsam „tot", als ob sie eine im Gußstück verteilte, einflußlose Flüssigkeit wäre. — Im Flußstahl können im Mittel bei 0,4 % Karbidkohle, 0,1 % Härtungskohle auch 0,01—0,02 Graphit vorkommen.

Nach Ledebur[1]) enthielten in Prozenten:

Eisensorten	Graphit Temperk.	Karbid-kohle	Härtungs-kohle	Gesamt-kohle	Silicium	Mangan	Schwefel
Tiefgraues Roheisen	3,33	0,44	0,00	3,77	2,77	1,30	0,02
Hellgraues „	2,40	0,73	0,17	3,30	1,02	0,28	0,09
Weißes „	0,16	1,88	0,54	2,58	0,72	0,10	0,20
Hartguß, Harth.	0,19	2,43	0,58	3,20	0,83	0,15	0,10

Eisen mit wenig Siliciumgehalt hat auch verhältnismäßig wenig Graphitgehalt, da Silicium die Ausscheidung der Kohle als Graphit begünstigt, und deshalb wird der Gehalt an Härtungs- und Karbidkohle um so größer; das Eisen wird härter, hellfarbig, weiß. Dasselbe tritt ein, wenn durch rasche Abkühlung, wie beim Hartguß — Coquillenguß, die Graphitbildung im Eisen behindert wird; der nicht ausgeschiedene Kohlenstoff (Graphit) bleibt alsdann im Eisen als Härtungs- und Karbidkohle zurück. Die letzteren gebundenen Kohlenstoffarten erzeugen Härte und Spröde

[1]) Stahl- und Eisengießerei 1901.

und sind auf die Festigkeitsarten, wie auf die physikalischen Eigenschaften des Eisens von großem Einflusse, da sie gegen Säure- und Feuerangriffe schützend wirken. Umgekehrt wirkt eine langsame Abkühlung, welche die Graphitausscheidung begünstigt, weshalb weniger gebundene Kohlenstoffarten im Eisen zurückbleiben können. Es kann auf diese Weise ein sonst feinkörniges Eisen durch langsame Abkühlung grobkörnig gemacht werden, was vielfach geschieht und daher trügerisch ist. Das Aussehen eines Roheisens läßt daher einen Schluß auf dessen Bestandteile und Eigenschaften nicht zu und kann die Täuschung bis 1 % des körnerzeugenden Siliciums betragen. Diese Täuschungen werden beim Niederschmelzen im Kupolofen wieder aufgehoben und das Eisen wieder in seine natürlichen Verbindungen umgewandelt. — Graues, graphitreiches Roheisen schmilzt in höherer Temperatur als weißes, da der gebundene Kohlenstoff des weißen Eisens die Temperatur erniedrigt.

Durch den Kupolofenprozeß bleiben die im Roheisen vorhandenen Kohlenstoffmengen meist unberührt. Ist ein Roheisen reich an Kohlenstoff, etwa 4 %, so findet eine geringe Abnahme statt, ist es arm daran, so reichert es sich an. Der Kupolofenbetrieb ist daher ein gewisser Regulator für den Kohlenstoff. Derselbe kommt im Gießerei-Roheisen meist nur insofern besonders in Betracht, als er den Charakter des Roheisens bildet und im Holzkohlen- oder Spezialeisen in die Erscheinung tritt und ob eine Kohlenstoff-Verbindung oder Manganverbindung für ein Gußstück erwünscht bleibt, was jedoch für den gewöhnlichen Gießereibetrieb und die gewöhnlichen Gußwaren von keiner Bedeutung ist und außer Frage bleibt. — Wird der Graphitgehalt eines Gußstückes künstlich — wie bei Hartguß- in gebundenen Kohlenstoff umgewandelt, so erhöht sich die Festigkeit bedeutend, aber damit verbunden auch die Spröde.

b) Silicium.

Es vertreibt die gebundenen Kohlenstoffarten, welche mehr oder weniger als Graphit ausscheiden; es begünstigt

daher die Entstehung von grauem Eisen mit körnigem Bruche. Bei einem hohen Gehalte von Silicium — etwa 4—5 % und etwas darüber — verringert sich die Graphitbildung, wie auch die Kohlenstoffaufnahme des Roheisens überhaupt, und zwar so, daß bei diesem Siliciumgehalt die gebundene Kohle verschwinden und aus Kohlenmangel der Graphitgehalt sich wesentlich verringern kann. In den gebräuchlichen Gießerei-Roheisenmarken kommt ein Siliciumgehalt von über 3,5 % nicht vor. Man stellt Silicium-Eisen bis zu 12 %, aber auch darüber dar. — In den Gußeisen-Gießereien wird Silicium-Eisen fast gar nicht angewandt, da die Verbesserung oder Anreicherung damit an Silicium arme Sorten sich im Kupolofen nicht so nach Wunsch bewerkstelligen läßt.

Besitzt ein Roheisen wenig Mangangehalt, so kann auch der Siliciumgehalt entsprechend geringer sein, so daß geringe Mengen davon noch Graphitausscheidungen hervorrufen können, wie dieses bei dem Holzkohlen-Roheisen vorkommt, besonders bei geringem Phosphorgehalt. — Da ein gewisser Siliciumgehalt im Roheisen ein grobes Korn erzeugt, aber schon bei 4 % Silicium das Korn ein feinkörniges Gefüge annimmt und Spezialeisen bei geringem Mangangehalt und nur wenig Siliciumgehalt noch grau und feinkörnig sein können, so ist ersichtlich, daß die Güte eines Roheisens nicht durchweg nach seiner Kornbildung beurteilt werden kann.

Siliciumhaltiges, graues Roheisen bedarf einer höheren Schmelztemperatur als hartes, manganreiches; Silicium erniedrigt die Festigkeit, aber auch die Spröde. Gußstücke aus den besten Roheisen-Marken mit 3—3,5 % Silicium bei wenig Mangan haben eine geringe Festigkeit, für Zug nur 10 kg pro qmm. Die Schwindung eines solchen Eisens ist eine geringe und unter Umständen eine völlig aufgehobene.

Die Ausscheidung des Graphits in einem Gußstücke durch Silicium wird durch eine langsame Erkaltung sehr begünstigt und daher für gleiches Aussehen und für gleiche Dichte die dickwandigen Gußstücke aus manganreicherem Roheisen gegossen werden als die dünnwandigen.

Nach Turner treibt Silicium den Schwefel aus. Bei den im Roheisen vorkommenden Mengen ist dieser Einfluß belanglos.

c) Mangan.

Es bewirkt das Gegenteil wie Silicium; es erhöht im Eisen die Kohlenstoffaufnahme und behindert die Graphitausscheidung. Graues Eisen von hohem Mangangehalte muß daher erheblichen Siliciumgehalt besitzen zur Neutralisierung desselben.

Mangan erzeugt Härte und erniedrigt die Schmelztemperatur. Dagegen schmilzt Ferromangan nur in den höchsten Temperaturen. Es verbindet sich leicht mit Schwefel und Phosphor, wie auch mit dem Sauerstoff der Schmelzluft, wodurch die Oxydation des Schmelzproduktes eine behinderte wird; es löst Gase, wodurch bei der Erstarrung der Gußgegenstände auch Poren und Blasen entstehen können; es besitzt eine größere Schwindung, daher es gerne Lunkerstellen erzeugt.

Im Kupolofenbetriebe verbindet sich Mangan infolge des in allen Kokssorten enthaltenen Schwefels und seiner großen Verwandtschaft dazu, leicht mit demselben und alsdann nicht mit dem Phosphor. Nach Versuchen[1]) ist festgestellt, daß ein gewisser Manganzuschlag zum Schmelzgute allen im Roheisen und im Kokse ursprünglich vorhandenen Schwefel vollständig bis auf Spuren verschlackt, ohne daß das Schmelzgut sich dabei mit dem Manganzuschlage anreicherte.

Mangan erhöht die Festigkeit des Eisens, aber auch dessen Spröde, und besitzt gegen chemische Einflüsse große Widerstandsfähigkeit. Um den schädlichen Einflüssen des Mangans zu begegnen, soll in den gebräuchlichen Roheisen der Gehalt desselben nie denjenigen des Siliciums erreichen, außer bei Spezialmarken. Bei guten Hämatit-Marken erzeugt ein Mangangehalt im Roheisen von 1,7 % bei 3 % Silicium 0,06 % Phosphor, 0,02 % Schwefel und

[1]) Stahl und Eisen Nr. 8, 1902.

nur 0,04% Kupfer, ein in jeder Beziehung gutes Gußprodukt. Bei den gewöhnlichen Gießerei-Marken nimmt man ein Dritteil des Siliciumgehaltes für Mangan als ein gutes Verhältnis an. Aber auch ein höherer Mangangehalt im Roheisen ist nicht gefährlich, da er das Silicium vor dem Abbrande schützt. Je nach seiner Menge brennen 30 bis 50% Mangan im Kupolofenprozesse ab und rechnet man im Mittel für die gewöhnlichen Roheisen-Marken als Abgang durch den Kupolofenprozeß schon 30% an Mangan gegen nur 10% an Silicium. Das Mangan ist daher in einem Gußstücke viel geringer vorhanden als im Roheisen dazu; es bleibt ein großer Vorteil, daß es sich bei gutem, heißem Ofengang leicht mit dem Schwefel verbindet und diesen verschlackt. Tritt dieser Fall ein, so kann das Mangan reichlich im Roheisen vorhanden sein und sein Abgang durch den Kupolofenprozeß auf 50% seines ursprünglichen Gehaltes bemessen werden.

d) Phosphor.

Er erzeugt weder besondere Härte noch Sprödigkeit, kann aber in größeren Mengen und bei sonstigen Beimischungen die Gußstücke vollständig faulbrüchig machen, so daß die Festigkeit größtenteils verloren geht. Je nach seiner Menge erniedrigt er die Schmelztemperatur bedeutend; er macht das Eisen dünnflüssig, daher die Verwendung des phosphorhaltigen Eisens meist zu dünnwandigen Gegenständen — Feinguß und Poterie benützt wird. Er füllt die Formen gut aus und verursacht scharfe Begrenzungen. Gegenstände, welche erheblichen Temperaturdifferenzen ausgesetzt sind oder in Glühhitze gekühlt werden, bersten meist bei 0,6% Phosphorgehalt bei der Anwendung von gewöhnlichen Koksroheisensorten. Auf die Bildung von Graphit ist Phosphor ohne Einfluß. Auf die Festigkeitsarten ist ein Phosphorgehalt unter 1% ohne wesentlichen Einfluß.

Wie aus den mitgeteilten Analysen hervorgeht, hat englisches Eisen im Mittel 1,5% Phosphor bei 2% Silicium und ist im Mittel mit 0,30% gebundener Kohle erhältlich. Dabei zeigen sich die Einflüsse in bezug auf

Festigkeit und Bearbeitung zufriedenstellend. Dagegen wirkt das Luxemburger Eisen bei 1,8 % Phosphor, 2 % Silicium und 0,3—0,5 % gebundenen Kohlenstoff schon ganz gegenteilig. Sehr wichtig ist hierbei der Gehalt an Schwefel. Das englische Eisen hat 0,05—0,09 % Schwefelgehalt, die Luxemburger Marken meist nur Spuren. Da Phosphor physikalisch mehr als doppelt so kräftig in seiner Wirkung ist als Silicium, so wirkt derselbe auf die Entstehung von weichem Gußeisen hin und verringert mithin die Härtewirkung des Schwefels und die Spröde. — Aus Versuchen hat man festgestellt, daß ein Gießerei-Roheisen von geringem Phosphorgehalt bei einer Anreicherung bis zu 2,5 % die Hälfte seiner ursprünglichen Festigkeit einbüßt. Da die phosphorreichen Marken fast nur in Gattierung mit gutem Brucheisen zur Anwendung kommen, so bleibt auch die Festigkeit stets noch eine normale.

Im Roheisen wie im Gußeisen kommt der Phosphor nach neueren Forschungen in zwei Formen vor: als Phosphit- und als Härtungsphosphor. Nach Wüst können im Gußeisen über 80 % des Gesamtphosphors als Phosphitphosphor vorkommen, was von der Zusammensetzung des Roheisens abhängig ist. Nach Jüptner ist der Härtungsphosphor der schädliche und beim Schmiedeisen den Kaltbruch verursachende.

e) Schwefel.

Er beeinträchtigt die Kohlenstoffaufnahme des Eisens und begünstigt die Erhaltung gebundener Kohle, weshalb derselbe bei einem gegebenen weichen Gattierungsmateriale, woraus dichte, drehharte Gußstücke erzeugt werden sollen, erwünscht sein kann. Er kann in einem solchen Materiale, welches reich an Silicium ist, bis 0,08 % enthalten sein, so daß das Gußprodukt, bei der im Mittel 0,04—0,05 % betragenden Schwefelaufnahme aus dem Schmelzkokse, bis 0,13 % enthalten darf. — Man nimmt allgemein an, daß ein Teil Schwefel die Wirkung von ca. 10 Teilen Silicium aufhebt. Ein hoher Schwefelgehalt ist sonst tunlichst zu vermeiden, da er Spröde, Spannungen, Lunkstellen und

größere Schwindung erzeugt. Bei 0,6 % Schwefel fängt das Eisen an, weiß zu werden und ist dann zu Gießereizwecken untauglich; er erniedrigt zwar die Schmelztemperatur, macht aber schon bei 0,3 % das Eisen dickflüssig und nicht vergießbar. Für Feinguß darf das Roheisen nur Spuren enthalten. Bei den geringen im Roheisen vorkommenden Mengen werden Festigkeit und Elastizität wenig beeinflußt. Dagegen verbindet sich Schwefel leicht mit Kupfer und macht dann das Eisen mürbe. Es entsteht ein mit dem Eisen nicht verbundenes Gemengsel, wo dieses sich anhäuft, entstehen in den Gußstücken je nach den verwendeten Gattierungsmaterialien entweder Spannungen oder die Festigkeit sinkt bedeutend herab. Temperaturdifferenzen können solche Gußstücke nicht vertragen, schon beim Erkalten gegossener Stücke entstehen kleine Risse und Warmspaltungen. Es genügen 0,17 % Schwefel bei 0,17 % Kupfer, um das Eisen ganz minderwertig zu machen, und kann man bei jedem Kupfervorkommen im Roheisen, bei mehr als Spuren von Schwefel, den größten Unzuträglichkeiten ausgesetzt sein. Bedenkt man, daß es Koksorten gibt, welche bis 1,9 % Schwefel enthalten, und daß bei 10 % Koksverbrauch davon beim Schmelzprozeß 0,19 % für das Schmelzgut zu dessen Anreicherung vorhandenn sind, so ist ersichtlich, daß man dabei sehr vorsichtig sein muß. Von dem zur Anreicherung vorhandenen Schwefel geht erfahrungsgemäß beim gewöhnlichen Kupolofenbetriebe die Hälfte in das Schmelzgut über.

Es verbindet sich der Schwefel noch leicht mit Mangan, wenn dasselbe reichlich im Schmelzgute vorhanden ist; es entsteht dann Schwefelmangan, welches auf dem Eisenbade schwimmt und die sogenannten Schwimmflocken — Wanzen — erzeugt. Diese Verbindung tritt aber nur dann ein, wenn das Eisen heiß, überhitzt niedergeschmolzen wird; bei niederer Schmelzung geht der Schwefel ganz oder teilweise in das Eisen über, als Schwefeleisen, wodurch die Anforderungen, welche man an ein Schmelzprodukt geknüpft hat, ganz gegenteilig ausfallen können.

f) Kupfer.

Es soll bis 0,2 % im Eisen ohne Einfluß sein, sonst wie Schwefel wirken. Aus dem Kapitel e) über Schwefel geht aber hervor, daß Schwefel, wenn auch nur der im Kokse enthaltene, schon die ganze Sachlage verändern kann. Es bildet sich leicht Schwefelkupfer, welches als Gemengsel in den Gußstücken beliebig sich ablagert, bei dickwandigen Stücken insbesondere an den am längsten warm bleibenden und sich zuletzt abkühlenden Stellen. An diesen Stellen schwindet die Festigkeit und große Temperaturdifferenzen oder Erschütterungen erzeugen Bruch; dünnwandige Stücke können an einzelnen Stellen so durchtränkt sein, dass sie faulbrüchig sind[1]). Bei fassonierten konstruktiven Gußstücken von größerer Bedeutung soll man die Verwendung grauen Roheisens mit mehr als 0,05 % Kupfer gänzlich vermeiden. Es spielt auch der Sauerstoff während des Schmelzprozesses bei Vorhandensein von Kupfer noch eine Rolle, da nach fachmännischen Urteilen dasselbe sich zu Kupferoxyd umbildet, welches im Eisen ebenfalls nur ein Gemengsel bildet. Dagegen soll das Schmelzen von kupferhaltigem Roheisen bei Abwesenheit von Sauerstoff-Überschuß und Schwefel keinerlei schlechte Eigenschaften im Gefolge haben, da sich alsdann das Kupfer vollständig mit dem Eisen legiert, damit also innigst verbunden ist.

Daß das Kupfer aber auch in der Stahlfabrikation, wo es in Schmiedestücken, Schiffswellen etc. bis zu 0,57 % Gehalt im Stahle unschädlich sein soll, eine ganz entgegengesetzte Wirkung erzeugt, geht aus folgender Zuschrift hervor, welche der Verfasser von einem der ältesten und erfahrensten Stahlmänner eines unserer bedeutendsten Werke erhielt:

„Kupfer gibt genau so wie Schwefel Rotbruch; es „muß nur scharf zwischen Rot- und Gelbbruch unter„schieden werden. Mit 0,3—0,4 % Kupfer fängt die

[1]) Nach jahrelangen Untersuchungen und Feststellungen früherer unaufgeklärter Vorkommnisse von seiten des Verfassers.

„Sache schon an bedenklich zu werden. Material mit „solchem Kupfergehalt wird unter dem Hammer und „in der Walze so lange keine Fehler zeigen, als es noch „gelbwarm ist; sinkt aber die Temperatur auf Rotwärme, „so treten kleine Risse und Brüche, je nach dem Kupfer- „gehalte, sofort mehr oder minder stark auf. Auf das „Verhalten von Eisen und Stahl bei den gewöhnlichen „Temperaturen ist Kupfer einflußlos; es wird aber ge- „fährlich, wenn von der warmen Bearbeitung her feine „Risse und kleine Brüche zurückgeblieben sind, welche „sich mit bloßem Auge gar nicht, oder nur schwer er- „kennen lassen. Die Fehler erweitern sich und führen „zum Bruche, wenn der betreffende Teil fortwährenden „Erschütterungen ausgesetzt ist. Die total falsche An- „nahme, Kupfer erzeuge keinen Rotbruch, entstand da- „durch, daß die Versuche in zu hoher Temperatur ge- „macht wurden. Würde man dieselben in der Rot- resp. „Dunkelrotwärme angestellt haben, so würde der Rot- „bruch schon in Erscheinung getreten sein."

Verfasser fand in besonders stoffwandigen Gußstücken Kupfer in Nestern — Hohlräumen — in länglichen 4 mm starken Rundgebilden ausgeschwitzt nebeneinander gelagert, und zwar mitten in den dickwandigsten Stellen von 200 mm Stoffmasse. Die Analyse solcher Tropfgebilde ergab: Kupfer 96,03 % — Zinn 0,94 % — Eisen 0,40 % nicht ermittelt 2,63 %. Die Gußstücke bestanden aus einer Gattierung von 50 % Hämatit, 10 % Stahlschienenstücken und 40 % Brucheisen. In dem Hämatit war vorher schon 0,2 % Kupfer festgestellt worden. Aus den Erzen, woraus das Hämatit erzeugt war, ist vorher Kupfer ausgeschmolzen gewesen. — Eine Anzahl Kokillen (ca. 15 Stück) zum Guß von Stahlblöcken, aus reinem grobkörnigem Hämatit hergestellt, rissen im Gebrauche sämtlich durch Temperaturdifferenz bei durchschnittlich 10 Eingüssen, obwohl sie ansonst deren 80 Güsse aushalten mußten. Die Analyse aus Material der Risse ergab 0,1—0,2 % Kupfer. Auch hat der Verfasser häufig Haarrisse mitten in den Stoffwandungen

solcher Gußstücke beobachtet welche er nur den Kupferverbindungen zuschrieb. — Daß Kupfer auch die Schweißbarkeit von Schmiedeeisen beeinträchtigt, ist bei den Analysen der Siegerländer Spezialmarken bereits erwähnt.

Wie bei den Analysen über Hämatit III, Seite 17, vermerkt ist, findet sich in kupferhaltigen Eisen meist ein hoher Arsengehalt von 0,1 % in grauen und mehr in den hellgrauen und melierten Marken. Solche Roheisen enthalten anscheinend das Kupfer nur in legiertem Zustande, denn sie zeigen erfahrungsgemäß hohe Festigkeiten, wenn auch verbunden mit Spröde. Sie liefern Gußstücke von höchster Polierfähigkeit, wie kein anderes Gußmaterial, so daß sie sich zu Gußstücken, die infolge ihrer Konstruktion spannungsfrei bleiben können, also durch Rippwerke und Verbindungen in ihrer Ausdehnung nicht behindert und Temperaturdifferenzen nicht unterworfen sind, ganz besonders eignen, wie zu: Polierwalzen aller Art, Leisten, Hauben und Abkleidungen zu Verschönerungszwecken.

g) Kobalt, Nickel.

Sie sind in den im Roheisen vorkommenden Mengen ohne Einfluß auf die Bildung von Kohlenstoffmenge und -Arten; dagegen wirken sie Festigkeit vermehrend. Es finden sich jedoch meist nur Spuren oder geringe Mengen im Gießerei-Roheisen. Ein künstlicher Zusatz von Nickel zu bereits geschmolzenem Eisen — in die Gießpfanne — macht die Gußstücke außerordentlich widerstandsfähig gegen Alkalien. Siehe hierüber „Gußveredelung“ nach dem Verfahren von Dr. Goldschmidt.

h) Arsen.

Kommt meist nur in geringen Mengen vor und ist dann ohne Einfluß. Bei 0,1 % behindert es die Aufnahme von Kohlenstoff und Silicium und bildet weißes Eisen. Es macht dünnflüssig und erzeugt scharfe Formen. Roheisen, welches versuchsweise aus griechischen Erzen im Rheinland erblasen wurde, hatte bis 0,2 % Arsen und war zur Eisen- und Stahlfabrikation nicht verwendbar. Es erzeugte Härte und glasartige Spröde. Wie aus dem Vorhergehenden über

„Kupfer" hervorgeht, scheint das Arsen einen gewissen Einfluß bei dem Vorhandensein von Kupfer auszuüben; die auf S. 4 aufgeführten Analysen über Hämatit III sind trotz eines Arsengehaltes von ± 0,1 % von grauen Marken herrührend.

i) Chrom.

Es wirkt wie Mangan, macht das Eisen feinkörnig und erhöht die Festigkeit, bei 0,2 % entsteht hartes Eisen. Es ist nicht erwünscht und soll auch den Schmelzpunkt erhöhen.

k) Blei, Zink, Zinn.

Die vorkommenden Mengen sind unerheblich, sonst würden sie die Graphitbildung erschweren, das Eisen spröde und dickflüssig machen.

l) Erd- und Alkali-Metalle.

Sie kommen nur in Spuren vor und sind daher ohne Einfluß, besonders aber, da sie beim Umschmelzen oxydiert werden. Im anderen Falle würden sie die chemischen Verbindungen im Eisen beeinflussen, andere Eigenschaften hervorbringen und das Eisen dickflüssig machen.

m) Titan.

Dasselbe ist im Roheisen nur in geringen Mengen enthalten und daher ohne Einfluß. Amerikanische Roheisen enthalten bis 0,05 % desselben. Beim Niederschmelzen und unter dem Einfluß chemischer Verbindungen erzeugt es ungemeine Wärmeentwickelung. Minimale Mengen pro mille künstlich einem Eisenbade zugeführt, erhöhen dessen Temperatur außerordentlich; das anfangs rötliche Eisenbad geht allmählich in eine dünnflüssige, milchweise Flüssigkeit über, danach erfolgt eine gewisse Ruhe auf dem vorher unruhigem Bade und dessen Farbe verwandelt sich in eine meergrüne von unvergleichbarer Schönheit. Nachdem diese wieder in die rötliche übergeht, ist nach den Versuchen des Verfassers das Bad zum Gießen von Gußwaren fertig, es büßt danach während der ganzen Gußzeit nichts an Temperatur ein in bezug auf ein ohne Titan benutztes Eisenbad und liefert Gußstücke von absoluter Dichte und Porenfreiheit. Die angestellten Festigkeitsversuche haben an Probestäben, welche mit und ohne Titanzusatz hergestellt

waren, gleiche Ergebnisse geliefert. — Die Wirkung des Titans soll vornehmlich in seiner Neigung zum Stickstoff begründet sein. Es erzeugt eine gleichmäßige, feinkörnige Kornbildung wie Aluminium.

B. Aluminium und die Eisen-Reinigungsmittel.

Aluminium ist im Roheisen nicht nachgewiesen und dient in der Eisengießerei nur als Zusatz zum flüssigen Eisen in der Pfanne, also vor dem Gusse, um die Eigenschaften der Gußstücke in bezug auf Dichte und Festigkeit zu erhöhen. Es ist demnach ein Reinigungsmittel. Über das Verhalten und die Wirkungsweise desselben ist bis jetzt das Folgende bekannt geworden: Aluminium erhöht die Festigkeit auf Zug und Druck sowie die Elastizitätsgrenzen bei geringen Zusätzen von 1—3 pro Mille. In dem gewöhnlichen Gußeisen entsteht infolge der Wirkung von Eisenoxydul auf Kohlenstoff ein Gas, das Kohlenoxyd. Aluminium vertreibt dieses Kohlenoxyd, welches sich beim Erstarren der Gußmasse bildet und es entsteht Aluminiumoxyd, ein fester Körper, welcher in Schlacken übergeht. Dadurch, daß das Gas nun gelöst und in dem erstarrenden Gußstücke nicht mehr in Blasen eingeschlossen bleiben kann, wird der Guß blasenfrei, dicht und dessen Festigkeit erhöht.

Aluminium verdrängt den Kohlenstoff und verwandelt ihn in Graphit und diese Ausscheidung erfolgt so gleichmäßig, daß das Gefüge ganz homogen erscheint. Dadurch werden die Gußstücke von gleicher Dichte, auch an dünnen Stellen, und die Graphitausscheidung macht das Gußstück weich, aus diesen Gründen erhöht sich die Festigkeit und Elastizität.

Aluminium setzt, wie fast alle Legierungen von Metallen, den Schmelzpunkt des Eisens herab; es macht daher das Eisenbad dünnflüssig, wodurch die Formen gut ausgefüllt werden. Bei einem Aluminiumzusatz von 1 pro mille wird steifes Eisen wieder neu belebt und gießfähig. Ist

diese Neubelebung und erhöhte Flüssigkeit eines Eisenbades eingetreten, was sich durch Aufwallung und hellere Farbe kennzeichnet, so muß bei der darauf eintretenden Beruhigung sofort der Ausguß erfolgen, da in demselben Verhältnisse, wie die Dünnflüssigkeit zugenommen hat, auch die Erstarrung rascher erfolgt, mithin die Gußzeit eine abgepaßte und rasche sein muß. — Durch die gleichmäßige erhöhte Graphitausscheidung wird die Schwindung der Gußstücke eine geringere.

Man setzt dem geschmolzenen Roheisen in der Regel 0,05—0,1 % Rein-Aluminium zu, indem man dasselbe mit einer Zange im Eisenbade durch Umrühren zum Schmelzen bringt. Da es nur ein spezifisches Gewicht von 2,64 und das Eisen ein solches von 7,25 hat, so muß diese Eintauchung erfolgen, da es sonst darauf schwimmen würde. Es ist dieses ein Übelstand, welchem man dadurch zu begegnen versucht hat, daß man es in einer 10prozentigen Legierung anwendet, wovon die Zusätze alsdann 0,5—1,0 % betragen müssen. Setzt man 1 % Rein-Aluminium zu weißem Eisen von 50 % Graphitgehalt vom Gesamtkohlenstoff, so erhöht sich die Graphitausscheidung um ca. 1 %. Dagegen verursachen größere Zusätze die Verringerung der Ausscheidung mehr und mehr, das Eisen wird hart. Ist in einem weißen Roheisen die Graphitbildung eine sehr geringe — unter 0,1 % — so können 2 % Aluminium ca. 50 % des Gesamtkohlenstoffes in Graphit umwandeln und sogar 0,75 % ein weißes Eisen schon grau erscheinen lassen. Ist ein Roheisen sehr kohlenstoffreich, so scheidet ein größerer Aluminiumzusatz im flüssigen Eisen schon den Kohlenstoff als Graphit in Blättern aus, so daß das Eisenbad dick davon werden kann; wogegen ein geringer Zusatz bei normalem Kohlenstoffgehalt den Graphit erst bei der Erstarrung ausscheidet und daher die Flüssigkeit des Eisenbades erhalten bleibt und nach dem Gusse ein schönes, gleichmäßiges Korn mit erhöhten Festigkeitserscheinungen sich ausbildet.

Die Gußformen sollen bei der Verwendung von Aluminium absolut trocken sein, denn bei hoher Temperatur

sein. Die Kornbildung darf keine künstliche sein, da eine langsame Abkühlung der Masselstücke die Graphitbildung und dadurch die Entstehung von grobem Korn begünstigt.

Deutsches Eisen Nr. III ist grau aber feinkörniger als Nr. I. Es kann dieselben Kohlenstoffmengen enthalten wie Nr. I, wenn es infolge von Überhitzung im Hochofen entstanden ist. Das Korn, die Graphitausscheidung ist daher nicht immer maßgebend für die Güte desselben. — Es ist in der Regel nur ein sortiertes Eisen, welches bei sonst ähnlichen Zusammensetzungen wie Nr. I etwas weniger Silicium und daher etwas weniger Graphitausscheidung und etwas mehr gebundenen Kohlenstoff und deshalb ein etwas helleres, festeres Gefüge-Aussehen hat.

Luxemburger Marken zeichnen sich von den genannten Marken durch ihren zwei- und dreifach höheren Phosphorgehalt aus, wodurch die Festigkeit der Gußwaren sehr herabgesetzt wird. Daher sind sie minderwertig und meist nur zu Gattierungen für die Herstellung von billigen Schmelzprodukten in Anwendung.

Siegerländer Marken sind nur Spezialeisen von meist hohem Mangan- und geringerem Siliciumgehalte aber Schwefel und Phosphor arm. Die grauen Marken dienen zu Zylinderguß oder Gattierungen; die helleren oder weißen Marken zu Hartguß, Walzenguß, Roststäben, feuerbeständigen Gegenständen, wie überhaupt meist zu Gattierungszwecken.

Englisches Roheisen unterscheidet sich von den deutschen Marken I und II im wesentlichen dadurch, daß sein Phosphorgehalt bis doppelt so hoch ist, aber selbst in Nr. III nie die Höhe der Luxemburger Marken erreicht. Dabei ist es an Silicium reicher und an gebundenem Kohlenstoff ärmer als diese. Bei hohem Mangangehalte ist auch sein Siliciumgehalt ein höherer. — Es wird in gleichen Marken, auch stets in gleicher Ware, Güte, geliefert, was von großem Werte für seinen Verbrauch und seine Anwendung ist; es hat dieser Umstand dem Eisen einen großen Ruf verschafft wie solchen andere Marken nicht

genießen. Auch die phosphorreichen Marken Nr. III geben mit gutem Brucheisen gattiert, befriedigende Resultate für alle Gußgegenstände, an welche nicht besondere Eigenschaften geknüpft werden.

Deutsches Hämatit-Roheisen. Es zeichnet sich von anderen Koksroheisen insbesondere dadurch aus, daß es nur einen geringen Gehalt an Phosphor besitzt. Man bezeichnet ein gutes Gießerei-Roheisen Nr. I als Hämatiteisen, wenn der Phosphorgehalt desselben unter 0,1 % liegt. Diese Eigenschaft macht es zur Verwendung von Gußstücken, welche Temperaturdifferenzen ausgesetzt sind, hochgeschätzt. Die Marken Nr. I sind tiefgrau und höchst grobkörnig; diejenigen von Nr. III feinkörniger und hellfarbiger. Gattiert mit minderwertigen Eisensorten liefert es vorzügliche Gußstücke in jeder Beziehung und bietet dabei die größten ökonomischen Vorteile, da es 50 % und mehr derselben zur Gattierung verträgt, ohne ein minderwertiges Schmelzgut zu bilden, insbesondere auch dadurch, daß sein Preis, entgegen früher, nur unerheblich höher ist, als der gewöhnlicher guter Roheisensorten. —

Englische Hämatitmarken. Sie sind in den Marken I—III in ihren Eigenschaften den deutschen Marken ähnlich. Sie enthalten zwar bedeutend weniger Mangan, dafür aber einen höheren Betrag an gebundenem Kohlenstoff. Was die englischen Spezialmarken Nr. I betrifft, welche nur Spuren von Schwefel und nur einen Mangangehalt von 0,07 % bei 0,12 % gebundenem Kohlenstoff besitzen, so kann man diese als das beste Koksroheisen bezeichnen, welches bis jetzt dargestellt wird. Die Roheisen-Masseln solcher in West-Cumberland dargestellten Eisen biegen beim Zerkleinern erheblich durch, bevor sie brechen. —

Amerikanische Marken. Die in Deutschland angebotenen, gewöhnlichen Marken Nr. III haben eine ähnliche Zusammensetzung wie die deutschen Marken Nr. III und würden in ihrer Verwendung auch diesen gleichstehen.

wenn sie nicht den Nachteil hätten, daß sie in ihrer Zusammensetzung ungemein schwankend wären, so daß sich deren Anwendung wenig empfiehlt. Sie verhalten sich in dieser Beziehung gerade umgekehrt, wie die englischen Marken. Außer den, Seite 6 aufgeführten Analysen, wurden 1902 noch solche von einer Zusammensetzung: 1 % Silicium — 0,4 % Mangan — 0,09 % Phosphor — 0,056 % Schwefel und 0,056 % Titan angeboten.

Weißes Roheisen. Es kommt in den verschiedensten Abstufungen vor, bis grauweiß bis spiegelweiß; es ist von großer Dichte, Härte und Festigkeit, aber damit wachsend auch großer Sprödigkeit. Es dient im Gießereibetriebe nur zur Mischung und wird sonst nur zur Verarbeitung in schmiedbares Eisen benutzt. Farbe wie Härte werden dadurch bedingt, daß sämtlicher Kohlenstoff darin gelöst, legiert ist und sich nicht als Graphit in Ausscheidung vorfindet, wie beim grauen Roheisen. Ist ein geringer Teil als Graphit ausgeschieden darin enthalten, so entstehen farbige melierte Marken.

b) Holzkohlen-Roheisen.

Das hauptsächlich zu Gießereizwecken angewandte ist dunkelgrau und feinkörnig; es ist an fremden Stoffen reiner und hat gegenüber dem Koksroheisen nur geringen Mangangehalt. Seine besonderen Eigenschaften beruhen in Kohlenstoffverbindungen statt der Manganverbindungen, welche neben Härte auch Spröde im Gefolge haben. Es ist daher ein Eisen von besonderem Charakter, welches neben großer Dichte, Härte und Festigkeit auch große Elastizität besitzt. Die mittleren Festigkeiten des deutschen Hohlkohleneisens betragen für Zug: 19 kg, für Biegung: 37 kg und für Druck 100 kg pro qmm. Es ist frei von Kupfer, erhältlich und die siliciumreichen Sorten von 1,8 % und darüber dienen zu drehhartem Zylinderguß; die melierten und weißeren Sorten zu Walzenguß, wie auch zur Gattierung mit Koksroheisen für gewünschte Zwecke. Es gibt Spezialmarken von außerordentlicher Festigkeit. Verfasser

wurden in seinem Betriebe englische Holzkohlenroheisen, rein kalt erblasenen, für Zylinderguß, von 30 kg Zugfestigkeit pro qmm angeboten.

In Deutschland verschwindet das Holzkohlenroheisen immer mehr. Nur noch einige kleinere Hochöfen sind im Betriebe, manchmal nur zeitweise, mitunter auch in Mischung mit Koksverbrauch, während die immer größer werdenden Anforderungen, welche heute an den Gießereibetrieb und dessen Erzeugnisse geknüpft werden, das Gegenteil im Gefolge haben sollten. Man kann es nur den geringeren Preisen des Koksroheisens, wie auch dem Mangel an Holz zuschreiben, wenn die Güte und Zuverlässigkeit von gestellten Anforderungen an gewisse Gußwaren wenig Berücksichtigung finden. —

D. Die Gußwaren.

Zur Betrachtung einer geeigneten Gattierung von Roheisensorten für die verschiedenen Gießereiprodukte, können wir für letztere im wesentlichen folgende Gruppen als zusammengehörig annehmen:

Feinguß, Poterie — Bau- und Maschinenguß — Spezialguß — Hart- und Walzenguß wie Centrifugalguß — Hämatitguß.

I. Poterieguß. Er verlangt ein dünnflüssiges, die Form scharf ausfüllendes und glatte Oberflächen bildendes Eisen. Auf eine kleine Sprödigkeit oder etwas geringere Festigkeit kommt es weniger an. Ein dazu geeignetes Roheisen kann daher vornehmlich enthalten: viel Phosphor, wenig Mangan und nicht übermäßig Silicium. Letzteres würde auf die englischen Marken Nr. III mit etwa:

Graphit	geb. Kohle	Ges. Kohle	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan
3,33	0,50	3,83	2,0	1,55	0,05	0,78

oder die Luxemburger Marken Nr. III mit etwa:

2,66	0,39	3,05	1,70	1,76	0,04	0,36

hinweisen.

Diese Eisen werden noch mit gutem Brucheisen gattiert, enthaltend etwa:

2,76	0,50	3,26	2,02	0,80	0,11	0,55

woraus, wenn man der Phosphorgehalte wegen:

a) 60 % Engl. III mit 40 % Brucheisen oder

b) 50 % Luxemb. III mit 50 % Brucheisen gattiert, ein fast gleichwertiges Schmelzgut entsteht, besonders da dem größeren Mangangehalte auch ein größerer Siliciumgehalt gegenüber steht. Die Gattierung ergibt für:

a)	3,10	0,50	3,60	2,01	1,25	0,07	0,68
b)	2,71	0,44	3,15	1,86	1,28	0,07	0,45

Mit dieser Zusammensetzung des Schmelzgutes kann man außer den Poterie- und Feingußgegenständen alle solche Gußstücke herstellen, bei welchen nach dem Erkalten keine Spannungen als Folge deren Konstruktion oder ungleicher Stoffverteilungen entstehen können. Trägt man Sorge, daß der Phosphorgehalt die angeführte Menge nicht überschreitet, diese eher niedrig bleibt, und ferner der Gehalt an Schwefel 0,05 % und der an Mangan 1 % nicht überschreitet, so hat man eine übliche und billige Gattierung. — Es werden daraus folgende Gegenstände hergestellt:

Poterie, Fenster, Dachrinnen, Geländer; Muffen- und auch Flanschrohre für Dampf mit übernormalen Wandstärken; Bauguß aller Art auch Säulen; Konsole, Lager, Kupplungen; Kesselarmaturen: Feuergeschränke, Tragböcke, Ankerständer; Bauarmaturen: Ankerplatten, Herdgußteile, Dachschuhe; Laufräder, Transporträder, vollwandige oder mit schweren Armkreuzen; Kanalisierungsgegenstände: Abdeckungen, Hahnkappen, Wassertöpfe; Rollen, gewöhnliche Roststäbe, Weichenböcke und Bahngeleise — Armaturen.

Ausgeschlossen bleiben: Riemscheiben, Zahnräder und alle Gegenstände, welche Temperaturdifferenzen ausgesetzt sind, wie alle solche, an welche man gewisse Anforderungen stellen muß. Der große Phosphorgehalt des Schmelzgutes macht die Gußstücke kurz, leichtbrüchig, es entstehen Spannungen, Risse und Sprünge bei ungleich verteilten Stoffmassen und bei Rippwerkgegenständen.

Die Festigkeit ist eine gewöhnliche, sie beträgt im Mittel nach den Versuchen des Verfassers, für Zug: (auf

22 mm bearbeitete Rundstäbe) 10—12 kg; Druck: 60—70 kg; Biegung: 25—26 kg pro qmm. — Die Elastizität ist dabei keine große aber für die in Betracht kommenden Gußstücke eine genügende. — Die Biegungsstäbe waren 25 × 25 mm stark, blieben roh und hatten 1,0 m Freilage.

II. Bau- und Maschinenguß. Wir rechnen hierher alle jene Gegenstände, an welche schon gewisse Anforderungen an Festigkeit, Dichte, Bearbeitung und geringe Spröde gestellt werden.

Hierfür sind die phosphorhaltigen Marken des Poteriegusses ausgeschlossen, man muß Marken wählen mit geringerem Gehalte an Phosphor bei wenig Schwefel, mit viel Silicium und ausreichendem Mangan der Dichte wegen, mit gutem Verhältnisse des gebundenen Kohlenstoffes zum Graphite und von ganz geringen — Spuren — von Kupfergehalt. — Die Preislage soll dabei für die in Frage kommenden Gußstücke eine nicht wesentlich hohe sein. Man ist daher auf die deutschen Marken I und III, auf Hämatit III und die englisch-schottischen Marken angewiesen. Alle diese Marken für sich gegossen, geben keine Garantie für die Anforderungen, welche man an die Gußstücke stellt, denn sie können in ihren Zusammensetzungen schwankend angeliefert werden und man muß daher durch Gattierungen, Mischungen, Abhülfe schaffen.

Übliche Gattierungen sind:

1/3 Deutsch I mit 1/3 Deutsch III und 1/3 Maschinenbruch, oder:

3/8 Deutsch Hämatit I mit 5/8 Maschinenbruch, oder:

2/3 Deutsch Hämatit III mit 1/3 Maschinenbruch, oder:

1/2 Deutsch I mit 1/2 Maschinenbruch, oder:

1/2 Schottisch (Coltneß) I mit 1/2 Maschinenbruch.

Alle diese Gattierungen sollen vor der Schmelzung eine mittlere Zusammensetzung des Schmelzgutes geben von im wesentlichen:

Graphit	geb. Kohle	Ges. Kohl.	Silicium	Phosph.	Schwefel	Mangan	Kupfer
3,2 - 3,4	0,4 – 0,5	3,6 - 3,8	2,1 – 2,5	0,3 - 0,8	0,05 – 0,06	0,8 – 1,0	0,0 – 0.05

An Ab- und Zugängen kann man erfahrungsgemäß nach dem Schmelzen für die Gußprodukte annehmen:

± bis − 8 %	+ 20 %	bis − 3 %	− 10 bis 20 %	+ 10 bis 15 %	+ 0,05	− 30 bis 50 %	+ 10 %

und zwar so, daß hohem Graphitgehalte auch mehr gebundene Kohle und hohem Siliciumgehalte auch ein höherer Mangangehalt gegenüber steht, wenn die Gußstücke. besonders bei zu bearbeitenden stärkeren Stoffstärken, nicht zu weich, graphitisch oder porös ausfallen sollen. Schwefel ist hier zu meiden und Kupfer insbesondere, wie unter „Kupfer", Seite 21, bereits erläutert ist. Dagegen ist ein großer Mangangehalt nicht gefährlich, und bei Stoffstärken von 50 mm und darüber erwünscht, da das Mangan im Kupolofen stark verschlackt wird und 30 % sogar bis 60 % von seiner Menge einbüßen kann, wenn es reichlich vorhanden ist, insbesondere bei stark schwefelhaltigem Kokse, da es zu Schwefel eine große Neigung hat. Hämatite I besitzen bei 3,2 % Silicium bis 1,7 % Mangan und liefern ohne jede Gattierung Gußstücke von großer Dichte und Zähigkeit. — Die Gattierungen mit Hämatit liefern die besseren Gußstücke, da die Hämatite phosphorarm sind und 0,1 % Phosphor nicht erreichen.

Für kleinere, dünnwandige Gußstücke ist Mangan und Schwefel möglichst gering zu wählen, damit dieselben nicht hart und spröde ausfallen. Hat eine Roheisengattierung schon an und für sich einen hohen Schwefelgehalt von 0,1 % oder gar etwas mehr, so ist eine Erhöhung des Siliciumgehaltes bedingt, wie unter „Schwefel", Seite 20, bereits hervorgehoben ist.

Man fertigt aus obigen Gattierungen:

Ventile, Hähne, größere Flanschrohre in normalen Stärken, größere Axlager; Werkzeugmaschinenteile für Dreh- und Hobelbänke etc.; Maschinenteile: Armaturen groß und klein, kleinere bis mittelgroße Dampfzylinder, Nähmaschinen- und landwirtschaftliche Gegenstände, Riemscheiben, Zahnräder, Schwungräder, Seilscheiben; Lehm-Gußarbeiten aller Art: Plumgerpumpen, Richtplatten mit

Rippwerken usw. — Dagegen keine Gegenstände, an welche noch besondere Anforderungen an Weichheit bei Dichte, wie bei Dynamogehäusen; an Feuer- und Säurebeständigkeit; an Härte bei Zähigkeit, wie bei hydraulischen Apparaten von großer Wandstärke und deren Plunger gestellt werden.

Die Festigkeit der angegebenen Gattierungen ist eine gute. Sie beträgt für die Gußstücke im Mittel nach den Versuchen des Verfassers, für:

Zug; (Stäbe von 29 auf 22 mm Diam. bearbeitet) 14—15 kg; Biegung: (Rohstäbe von 25 mm q, bei 1,0 m Freilänge) 26—29 kg; Druck: 65—75 kg pro qmm. Die Elastizität ist dabei eine befriedigende, denn die Versuchsstäbe bogen sich bei der Freilänge von 1,0 m bis 23 mm vor dem Bruche durch.

Für die Wahl der Roheisen zu einer Gattierung ist auf die gebundene Kohlenstoffmenge in einer solchen große Rücksicht zu nehmen insbesondere bei Gußstücken, die infolge ihrer Konstruktion nicht spannungsfrei bleiben könnten und an die noch besondere Anforderungen an Festigkeit und Dichte geknüpft werden. So lieferte eine Roheisengattierung in Prozenten von:

3,5—3,7 Ges. C, 1,60 geb. C, 1,60 Si, 0,50 Mn, 0,07 S, 0,45 P, 0,07 Cu einen festen, dichten, noch gut bearbeitbaren Guß, bei Stoffstärken von 40 mm und darüber, von 20 bis 21 kg Zugfestigkeit bearbeiteter Rundstäbe. Jedoch ist solcher Guß schon spröde und verträgt in konstruktiven, nicht spannungsfreien Gußstücken keinerlei Temperaturdifferenzen oder anhaltende Stoßwirkungen. Die Gattierung bleibt mithin in ihrer Anwendung eine beschränkte[1]). Dagegen erzeugte dieselbe Gattierung in Hinsicht auf den Gesamt-Kohlenstoff, Mangan, Schwefel und Phosphor jedoch bei 2,2 % Si und nur 0,5 % geb. C schon ganz gegenteilige Eigenschaften: Die Gußstücke vertragen die Spannungen, die Spröde ist gering, sie sind weicher und bearbeitsamer. Die Festigkeit ist aber ge-

[1]) Merkwürdig: Gußstück 35000 kg enthielt 1,7 und Probestab 1,4 % geb. C.

ringer und betrug nur noch 17 bis 18 kg pro qmm für Zug. — Jn Gußstücken aus obiger Gattierung mit 1,6 % Si. hatte infolge des Kupolofenprozesses der geb. Kohlenstoff um 8—9 % zugenommen und der Graphitgehalt ähnlich abgenommen; der Silicium- und Schwefelgehalt hatte sich erhöht, und der Gehalt an Mangan zeigte sich sehr verringert. Durch einseitigen Wärmeeinfluß waren solche Gußstücke geborsten.

In allen Fällen, in denen es sich um den Guß schwerer kostspieliger Gegenstände handelt, ist die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des zu verwendenden Roheisens — die Analyse — eine gebotene. Bei der Anwendung von Koksroheisen ist zu prüfen, ob das Verhältnis von Silicium zum Mangan eine gefundene gebundene Kohlenstoffmenge bedingt oder andere Verbindungen noch vorhanden sein müssen, die die gefundene Menge erklärlich machen, denn es kann gebundener Kohlenstoff auch durch Schwefel und das gefährliche, Spröde erzeugende Arsen, infolge von Siliciumverdrängung, erzeugt sein und dann sind die damit hergestellten Gußstücke unbrauchbare, auch wenn nur die gewünschte gebundene Kohlenstoffmenge vorhanden war. Bei der Anwendung von Holzkohleneisen ist eine umfassende Analyse der Stoffe nicht geboten. Die gebundene Kohlenstoffmenge ist bei demselben mehr eine charakteristische, denn solches Eisen ist infolge seiner Herstellung reiner und arm an schädlichen Stoffen als: Phosphor, Schwefel, Kupfer, Arsen und hat fast durchweg nur einen geringen Mangangehalt. Es liefert daher zähe, dichte, feste und bei gleichem gebundenem Kohlenstoffgehalte bedeutend Spröde freiere Güsse als das Koksroheisen.

Bei solchen schwierigen und schweren Gußstücken, für die die Kenntnis ihrer Grundstoffe eine gebotene ist, muß man bei Anwendung von gewöhnlichen Gießerei-Marken Nr. I und III Vorsicht gebrauchen. Diese billigen Koksroheisen können durch langsame Abkühlung reichlich vorhandenen und gebundenen Kohlenstoff in Graphit ver

wandelt enthalten. Diese künstliche Bildung und Täuschung, die zum Zwecke größerer Verkäuflichkeit früher verbreitet war, da dadurch feinkörniges Eisen in grobkörniges verwandelt wurde, kann eine einseitige Analyse über den gebundenen Kohlenstoff auf die dem Eisen eigentümliche Menge nicht aufklären, denn diese ergibt nur die wirklich vorhandene Stoffmenge, mithin auch diejenige, welche durch die bewirkte Täuschung darin hervorgerufen wurde. Durch das Niederschmelzen — den Kupolofenprozeß — werden aber solche künstliche Täuschungen wieder aufgehoben und die natürlichen Verbindungen wieder hergestellt und nimmt man an, daß die künstliche Umwandlung des Kohlenstoffes in Graphit und ansonst gebundenem Kohlenstoff der Wirkung von 1 % Silicium entsprechen kann. Aus diesem Grunde muß auch jede Rechnung, die infolge einer Analyse aus solchem künstlich graphithaltigem und körnig gemachtem Roheisen, zum Zwecke einer Gattierung gemacht wird, eine falsche und irreführende sein. — Die Vertrautheit mit der Anwendung von Roheisenmarken und deren Herkunft bilden eine Summe von Erfahrung, durch die deren Analysen ersetzt werden können, zumal solche, unter Umständen wie vorher bemerkt, nicht ausreichend sind. Durch umfassende zur Beurteilung maßgebende Analysen des Roheisens würde aber der Gießereibetrieb unverhältnismäßig belastet oder der Gießerei-Ingenieur seinem weiteren Berufe entzogen. Die Erfahrung und das Auge eines solchen reichen aber in den meisten Fällen für die Gattierung zu maschinellen Gegenständen aus und sind daher eine wertvolle Errungenschaft.

III. Spezialguß. Wir rechnen hierher im wesentlichen:

a) den Guß von Dampfzylindern oder die Ausfütterungen (Hemden) derselben, welche drehhart aber nicht spröde sein sollen; desgleichen von Zylindern, welche nicht hart, aber fest und dicht sein sollen und gegen Temperaturdifferenzen, Abkühlungen, widerstandsfähig sein müssen; den Guß von hydraulischen Apparaten; Maschinenguß mit besonderen Anforderungen.

b) den Guß für Feuerbeständigkeit, wie für: Roststäbe und Glühgefäße, sowie gegen Säurewirkungen wie für die Kessel zu chemischen Zwecken.

Alle diese Anforderungen weisen auf die Holzkohlen-Roheisenmarken, die Siegerländer Marken, die Hämatite, wie auf die Gattierungen mit weißen Zusatzmarken sowie auch mit Eisen- und Stahlabfällen hin. Marken mit nennenswerten Gehalten an Kupfer und Schwefel sind vollständig auszuschließen, besonders da der Schwefel im Schmelzgute sich aus dem Kokse während des Schmelzprozesses im Mittel um 0,05 % des Roheisengewichtes anreichert.

Für die Güsse a) der „drehharten" Gegenstände und der hydraulischen Apparate sind folgende Analysen von „gegossenen" Stücken nach den Erfahrungen des Verfassers sehr bewährte. Sie sind dem Guß größerer Dampfzylinder entnommen und dürfte Nr. IV insbesondere für den Guß hydraulischer Zylinder geeignet sein.

Härtegrad	Graphit	Geb. Kohle	Ges. Kohle	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer
I. Wenig drehh.	unb.	unb.	3 50	2,00	0,60	0,10	0,55	0,04
II. Gewöhnl. „	„	„	3,50	1,80	0,60	0,10	0,40	„
III. Gut „	2,55	0,70	3,25	1,60	0,61	0,12	0,36	„
IV. Sehr „	unb.	unb.	3,00	1,50	0,70	0,13	0,92	„

Zu den Güssen III gut „drehhart" wurde folgende Eisen-Gattierung in den beigefügten Analysen gewählt:

55 kg Hämatit I	3,70	0,80	4,00	2,70	0,07	0,02	1,00	0,04
125 „ Siegerländ. grau	unb.	unb.	3,50	1,50	0,40	0,08	0,80	unb.
45 „ Siegerländ. weiß	„	„	3,30	0,20	0,30	0,05	1,40	„
25 „ Schmiede-schrot	„	„	0,13	unb.	0,40	unb.	unb.	„
250 „ Brucheisen	„	„	3,50	2,20	0,80	0,11	0,50	„
Durchschnitt:	2,78	0,58 [1]	3,36	1,80	0,55	0,08	0,68	0,04

[1]) Aus dem Resultat des gegossenen Stückes zuzüglich 20 % für den Kupolofenprozeß ermittelt.

Vergleicht man mit den gefundenen Durchschnittszahlen die Analyse des erzielten Gusses sub III, so hat der Schmelzprozeß eine Ab- resp. Zunahme verursacht von:

Härtegrad	Graphit	Geb. Kohle	Ges. Kohle	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer
+ resp. − ca.	− 8,27%	+ 20%	− 3%	− 11%	+ 10%	+ 0,04 Const.	− 47%	+ 10%

Die Festigkeitsversuche ergaben pro qmm für die harten Sorten:

Zug (Stäbe 25 auf 22 mm gedreht): 18—19 kg,

Biegung (Stäbe 30 mm □ roh, 1,0 m Freilänge): 29 bis 32 kg.

Die weichen Sorten zeigten durchschnittlich 2 kg weniger an Festigkeit.

Das Gattierungsmaterial für gut ausgefallene, drehharte Dampfzylinder von 30 mm Stoffstärken, aus:

100 kg Hämatit I, 100 kg Siegener weiß, 50 kg Siegener grau und 250 kg Maschinenbrucheisen;

woraus sich die Durchschnitts-Analyse berechnete auf:

Gesamtkohle 3,56%, Silicium 1,83%, Phosphor 0,52%, Schwefel 0,08%, Mangan 0,81%

ergab pro qmm eine Zugfestigkeit: (Stäbe 28 auf 25 bearb.) 18—20 kg.

Biegungsfestigkeit: (28 auf 25 mm □ bearb.) 33—36 kg bei 300 mm Freilage.

Zusammensetzungen in „gegossenen“ Stücken von im Mittel 1,5% Silicium — 0,8% Mangan — Phosphor und Schwefel in den gewöhnlichen Grenzen von 0,6 resp. 0,1% bei ca. 3,5% Ges. Kohlenstoff, ergaben schon harte Gußstücke von 19 bis 24 kg Zugfestigkeit.

Da das Mangan im Kupolofenprozeß je nach seiner vorhandenen Menge bis 60% verlieren kann, während Silicium gewöhnlich nur um 10% abnimmt und bei gering vorhandener Menge noch etwas zunehmen kann, so kann selbst für ein Roheisen, dessen Silicium- und Mangangehalte

etwa gleiche, wie 1 % zu 1 % sein sollten, noch bearbeitungsfähige Gußstücke, wenn auch sehr hart und mit Spröde behaftet, erzielt werden. Die Festigkeiten sind dann aber hohe. —

Die angeführten Analysen, soweit sie das Gattierungsmaterial betreffen, können nur als angenäherte betrachtet werden. Sie stammen zum Teil aus den Einkaufs-Bedingungen und sind nur dann und wann nachkontrolliert. Da aber die Roheisen vielfach abweichend angeliefert werden, so können die Zahlen auch auf absolute Genauigkeit keine Ansprüche machen, was auch für die Folge zu beachten ist.

Eine Gattierung für Güsse „gewöhnlich drehhart" ist die folgende:

Eisenmarken	Graphit	Geb. Kohle	Ges. Kohle	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer
85 kg (21 %) Holzkohle grau	3,40	0,49	3,89	1,81	0,70	unb.	0,59	unb.
40 kg (10 %) Holzkohle weiß	2,49	1,47	3,96	1,50	0,70	„	1,90	„
200 kg (50 %) Maschinen-Bruch	2,76	0,50	3,26	2,03	0,80	0,10	0,55	0,04
75 kg (19 %) Hämatit I	3,80	0,30	4 10	2,50	0,08	0,02	1,00	0,05
Durchschnitt der Gattierung	3,06	0,56	3,62	2,02	0,63	0,06	0,77	0,03

Die Mischung ist eine „weichere" und weicht nicht wesentlich von der ersteren für Güsse III ab, nur der graphitische und der Gesamt-Kohlenstoff sind verhältnismäßig höher, während Silicium und Mangan in Wechselwirkung stehen. Dagegen haben mehrfache Festigkeitsversuche ein besseres Ergebnis geliefert. Es ergeben sich für:

Zug 21—22 kg, Biegung 37—39 kg bei bis 26 mm Durchbiegungen, was der Verwendung von Holzkohleneisen zugeschrieben werden kann.

Die vorstehende Gattierung mit etwas mehr Hämatit I und etwas weniger weißem Holzkohleneisen, dürfte sich insbesondere für größere Dampfzylinder eignen, welche

Zylinderhemden erhalten oder doppelwandig sind und daher wenigst spröde aber sehr zähe sein müssen.

Ziemlich weiche Gußstücke liefert eine Gattierung von 150 kg Hämatit I mit 50 kg Siegerländer grau und 50 kg Siegerländer weiß und 250 kg gutem Maschinenbruch.

Bei allen Roheisengattierungen hat man stets darauf zu achten, daß man dieselben vielseitig gestaltet, mithin für die bestimmten Zwecke eine gewisse Anzahl von Marken auswählt, denn mit Ausnahme von Hämatiteisen I werden andere Marken oft verschieden in ihrer Zusammensetzung geliefert und es ist begreiflich, daß man durch Mischungen etwaige Fehler in der Anlieferung und der chemischen Zusammensetzung mildern und unschädlich gestalten kann.

Es bleibt noch hier, wie bei allen Gußstücken zu beachten, daß stärkere, dickwandige Gegenstände von 50 mm. und darüber härtere Gattierungen vertragen als dünnwandige, und solche angewandt werden müssen, damit nicht infolge der Erstarrungszeiten im Gußinnern sich Graphitausscheidungen und poröse Stellen bilden können. —

Im allgemeinen kann man für alle „gegossenen" Stücke, deren chemische Zusammensetzung sich bei stoffwandigeren Gegenständen in den Grenzen von etwa 1,5 % Silicium bei 0,7 resp. 0,9 % Mangan bewegt und die sonst üblichen Gehalte an Phosphor (0,5 %), Schwefel (0,1 %), Gesamtkohlenstoff (3,3 %) nicht wesentlich anders zeigen, auf eine hohe Zugfestigkeit von 20—23 kg pro qmm für bearbeitete Rundstäbe von 20 mm Diam. rechnen. Um keine wesentliche Spröde bei so hoher Festigkeit zu erzielen, ist man auf die reinen Kohlenstoffverbindungen des Eisens angewiesen und sind erhebliche Manganverbindungen, welche gebundenen Kohlenstoff ebenfalls im Gefolge haben, zu vermeiden. Mithin erübrigt hierfür nur eine Gattierung mit Holzkohlenroheisen und soll der geb. C 1 % nicht erreichen.

Zu den Güssen b) für „Feuerbeständigkeit", welche aber keinen großen oder plötzlichen Temperaturdifferenzen ausgesetzt sind, wie Roststäbe, Glühgefäße, wählt man

vornehmlich die manganreichen, härteren Mischungen. Am besten eignet sich hiezu ein Schmelzgut, welches im Kupolofen kalt geblasen, entkohlt worden ist, was man durch Störung einer geregelten Windzufuhr am Ofen hervorbringen kann. Etwas einseitige und ungleiche Windzufuhr durch die Unterdüsen und desgleichen Anbringung von Oberdüsen ergeben nach den Erfahrungen des Verfassers, selbst bei Verwendung von einer guten grauen Roheisen-Gattierung, das gewünschte Resultat, insbesondere dann, wenn sich zwei Schmelzzonen im Ofen bilden können. Wird ein Kupolofen in dieser Weise geführt, dann liefert er nur das halbe Eisenquantum in derselben Zeit als sonst; der Koksverbrauch beträgt 10 % an Satzkoks; der Guß wird ein teurer und ist ein sehr harter. Mit Deutsch III und 50 % Brucheisen können Gegenstände der obigen Art von großer Widerstandsfähigkeit erzeugt werden. Das Verfahren will jedoch ausprobiert sein und läßt sich nicht ohne weiteres anwenden, weshalb man andernfalls zur Wahl von Roheisensorten übergehen muß, welche die gewünschten Eigenschaften besitzen. Es weist dieses auf die Siegerländer Marken hin, die bei reichlich gebundenem Kohlenstoff noch grau sind, dabei aber Phosphor und Schwefel arm und wenig oder keinen Kupfergehalt haben.

Für Roststäbe wird man von diesen Marken solche zu wählen haben mit mehr Mangan- als Siliciumgehalt. Dagegen für Glühgefäße, Pfannen, solche mit gleichem oder etwas mehr Silicium- als Mangangehalte. Je nach der Roheisensorte, welche man zur Verfügung hat, wählt man für letztere Gegenstände bei einer Befürchtung, daß dieselben zu hart werden und um ein Reißen zu verhüten, noch Zusätze von gutem Maschinenbrucheisen oder etwas Hämatit. Für den umgekehrten Fall, wenn das Eisen etwas sehr grau und siliciumreich ist, gegenüber dem Mangangehalte, als Zusatz Feinbrucheisen aus Poterie, Roststäben und Kleinguß, welche beim Niederschmelzen infolge der ihnen anhaftenden Oxydschichten auf die Entkohlung oder die Oxydation des Schmelzgutes wirken und

es härter machen, da mehr gebundener Kohlenstoff erzeugt wird, das Silicium und der Graphitgehalt sich verringert. Eine gute und angewandte Gattierung für „Roststäbe“ entspricht einer Durchschnittsanalyse des Rohmateriales von: 3,2 % Ges. Kohlenstoff, wovon 1,1 % gebunden sind — 1,2 % Silicium — 1 % Mangan — 0,7 bis 1,0 % Phosphor bei 0,03 % Schwefel oder es soll bei mehr Mangan etwas weniger gebundener Kohlenstoff vorhanden sein. Diese Zusammensetzung des Schmelzgutes wird beispielsweise erreicht durch:

25 % Deutsch III — 25 % Poterie — 25 % Weißeisen (2 % Mangan) — 25 % Eisenschrott. Beim Roststabguß bleibt es Hauptsache, daß die Feuerbahn der Stäbe nach unten liegend oder auch zur Abhärtung auf einer Eisenplatte gegossen wird; es bleibt alsdann die dem Feuer ausgesetzte Fläche Schlacken rein und wird absolut dicht; sie wird auch Schwefel reiner, da der an sich geringe Schwefelgehalt, den das Material besitzen muß, um den Anfressungen gewisser Kohlengase zu widerstehen, der Wärme folgt, also sich zumeist nach oben, in den Stabrücken, hinzieht.

Für Gefäße, welche chemischen Einflüssen wiederstehen müssen, kann man ebenfalls die Roheisensorten wie vorher wählen, da deren Mangangehalt große Widerstandsfähigkeit gegen solche Einflüsse besitzt. Auch eignen sich hierzu diejenigen Roheisensorten, welche gleichfalls an Fremdkörpern arm sind und viel gebundenen Kohlenstoff als Ersatz für Mangan aufweisen. Das weist auf die Holzkohlen-Marken hin und zwar, auf die grauen Sorten, wenn Temperatureinflüsse wechseln und auf die hellfarbigen, härteren, wenn letzteres nicht der Fall ist. Wie bereits früher schon hervorgehoben ist, sind Marken mit mehr als Spuren von Kupfergehalt, insbesondere bei Vorhandensein von viel Schwefel im Kokse, für Glühgefäße zu meiden, da der Schwefel mit dem Kupfer leicht Verbindungen eingeht und sich Gemengsel bilden können, welche im Eisen herum schwimmen und da wo sie sich im Gußstücke ablagern,

daselbst die Festigkeit ganz erheblich herabsetzen und zum Bersten der Gegenstände die Veranlassung geben können.

Im allgemeinen ist hier, gleichwie bei dem Gußstahl-Formguß, zu beachten, daß in erster Linie die Kohlenstoffverbindungen — der gebundene Kohlenstoff als Härtungs- und Dichtigkeitsmaterial in Betracht kommt wie auch die Manganverbindungen. In zweiter Linie sind erst die übrigen Stoffverbindungen beachtenswert.

In der Praxis wendet man gegen „Säurewirkung" mit Erfolg für Gußkessel die reinen Hämatit-Marken mit geringem Silicium- bei hohem Mangangehalte und geringem Schwefel- und Phosphorgehalte wie wenig Kupfergehalt an, also die Marken Nr. III mit etwa 2% Si — 1,5 bis 1,7% Mn — 0,05% S — 0,08% P — 0,05% Cu — 3,2% G. C — Man wählt je nach den Stoffstärken mehr oder weniger Mangan.

Gegen „Alkalienwirkung" und „Feuerangriffe" mischt man zu obiger Gattierung noch gerne mit 10—12% grauen Holzkohlenroheisens, das bei 1,5—2% Silicium zwar nur wenig Mangan aber auch bei wenig Phosphor nur Spuren von Schwefel und Kupfer enthält. Die Gußstücke werden dadurch dichter und zäher.

Zusätze von Stahl- oder Schmiedeeisenabfällen sind für die in Betracht kommenden Gegenstände zu vermeiden. Wenn diese Zusätze nicht besonders heiß niedergeschmolzen sind oder in einem großen Vorherde mit dem übrigen Gattierungsmateriale erst in Ansammlung kommen, bevor sie in die Pfanne abgestochen werden, dann sind sie nicht in eine innige Vermischung und Legierung mit dem Gattierungsmateriale gekommen und bilden alsdann im Gußstücke Angriffsstellen für chemische Verbindungen aller Art und kann ein solches Gußstück — eine Pfanne — allenthalben angefressene Stellen zeigen. Diesem Übelstande kann man durch Einführen einer Titanpatrone vorbeugen. Von großer Wirkung gegen chemische Einflüsse hat sich ein Zusatz von Nickel zum Eisenbade ergeben. Auf 1000 Ko flüssiges Eisen wird 3 Kilo metallisches Nickel zugesetzt, wovon

90 % in das Eisen übergehen, sodaß die Gußstücke 0,27 % Nickel enthalten; der andere Teil muß wohl durch Oxydation oder sonstwie verloren gehen. Die Wirkungen des Nickelgusses gegen die chemischen Einflüsse der Alkalien sind nach vielfachen Versuchen ganz außerordentliche und werden dieselben um 66 % erhöht, was für die Pfannen der chemischen Industrie von ungemeiner Bedeutung ist. — Siehe hierüber Kapitel über „Guß-Veredelung." —

Gußstücke aller Art, insbesondere Cylinder und deren Ausfütterungen, an die ganz besondere Anforderungen an Dichte, Härte und Festigkeit gestellt werden, müssen eine Gattierung erhalten, die im „fertigen" Gußstücke bei 1 % Silicium auch 1 % Mangan aufweisen. In diesem Verhältnisse können aber keine Gußstücke hergestellt werden, die infolge ihrer Konstruktion, durch Rippwerke und Verbände das Schwinden derselben behindern. Solcher Guß lunkert ungemein und läßt sich infolge seiner Härte nur mit Spezialstahl bearbeiten; auch muß die Stoffstärke eine große sein — 60 mm und mehr. Die Festigkeit erreicht für bearbeitete Stäbe 26 kg pro qmm für Zug. Für geringe Stoffstärken muß für gleiche Anforderungen der Siliciumgehalt der fertigen Stücke entsprechend höher gewählt sein, beispielsweise für 30 mm zu 1,4 % Si bei 0,7 % Mn, so daß auf etwa 3 % G. Kohlenstoff auch 1 % geb. C Stoff entfällt. —

Häufige Temperaturdifferenzen vertragen solche Gußstücke nicht; Kolbencylinder mit Wasserkühlung, besonders die größeren, bersten mit der Zeit, denn für solche Beanspruchungen ist Gußeisen kein geeigneter Stoff, es sei denn, daß man auf die Härte und damit verbundene Spröde verzichtete.

IV. Hartguß, Walzen- und Zentrifugalguß. Wir rechnen hierher: a) alle jene Gegenstände, welche an ihrer Oberfläche oder an gewissen Stellen derselben eine besondere Härte erhalten sollen. Man erreicht dieses durch rasche Abkühlung des flüssigen Eisens an einer eisernen Schale oder Kokille. Je nach den Stoffstärken derselben,

deren eventueller Mehr- oder Mindererwärmung vor dem Eingusse, kann man die Stärke der Härtungsschichten für die Gegenstände beeinflussen. Durch die rasche Abkühlung und deren größerer Wirkung außen und sich nach innen in einer Stoffmasse allmählich vermindernde, soll auch die Ausscheidung des Graphites in derselben Weise behindert werden und es soll sich statt dessen Karbid- und Härtungskohle bilden. Zu den auf diese Weise dargestellten Gegenständen rechnen insbesondere: Eisenbahnräder und Laufräder aller Art, Quetsch- und andere Walzen für Eisen- und Stahlwerke, Roststäbe, Brechbacken, Kollergangläufer, Gleitführungen, Eisenbahn-Herzstücke, Geschosse, Panzerplatten; b) solche Gegenstände, welche statt der großen Härte nur eine „mäßige" bei ganz besonderer Dichte und Festigkeit ohne Spröde besitzen sollen, wie die sogenannten Weichwalzen, Maschinenteile, Kolbenringe, hydraulische Apparate, Plunger. —

Eine Härteschicht soll weißstrahlig sein und allmählich von außen nach innen wieder in graues Aussehen übergehen. Es soll eine plötzliche oder bemerkenswerte Abgrenzung der beiden Schichten nicht stattfinden, da sonst die weiße, harte Schicht den Zusammenhang mit der darunter liegenden grauen Schicht einbüßt nnd abschwindet oder nur in geringerer fester Verbindung damit sich erhält und bei Temperaturdifferenzen leicht abbröckelt, auch schon nach dem Gusse selbst Risse und Sprünge zeigen kann. Die Erfordernisse weisen in erster Reihe auf das Holzkohlenroheisen hin, das an Mangan und Silicium arm ist, desgleichen auch frei ist von sonstigen schädlichen Bestandteilen und dessen Härtung nicht durch Mangan sondern durch seine Kohlenstoffverbindungen hervorgebracht wird. Die Manganverbindungen zeigen geringere und nicht so schöne allmähliche Härteübergänge und können bis zu einer scharfen Abgrenzungsschicht die Veranlassung geben; auch erzeugt das Mangan große Spröde und die Kohlenstoffverbindungen weit geringere. Sodann kommt noch das „Weißeisen" und besonders die Siegener Koksroheisen in Betracht und deren Gattierungen.

Nach J. S. Seamann soll eine gute Hartgußschicht aus kalt erblasenem Holzkohlenroheisen enthalten für:

Stoffe:	Ges. Kohle	Geb. Kohle	Graphit / Temperk.	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer
Walzen:	2,42	2,36	0,06	0,85	0,58	0,07	0,15	unb.

Nach Analysen von Ledebur enthielt eine Hartgußschale:

Weißer Teil	3,20	Karbidk. Härtungsk. 2,43 / 0,58	0,19	0,83	0,88	0,10	0,15	unb.

eine Panzerplatte von Gruson:

Gehärteter Teil	3,31	unb.	unb.	0,26	unb.	unb.	1,03	0,08
Grauer Teil	3,03	„	„	0,71	„	0,08	1,08	unb.

D. West gibt für gutes Hartgußmaterial zu:

Walzen:	3,00	1,38	1,62	0,71	0,54	0,05	0,39	unb.

und für:

Laufräder:	3,47	0,92	2,55	0,86	0,34	0,13	0,49	unb.

Aus der Analyse der Panzerplatte muß man annehmen: da eine besondere Verschiebung der chemischen Bestandteile des flüssigen Eisens von außen nach innen nicht ableitbar ist, wie solche das Silicium zeigt, dieselbe sich nur in den geringen Unterschieden, wie sie sich durch die Wärmeverhältnisse in großen Stoffstärken ergeben, bemerkbar machen durfte, auch der Mangangehalt der gleiche geblieben ist, so muß bei diesem Panzerguß angenommen werden, daß derselbe zuerst mit einem Holzkohlenroheisen mit wenig mehr als von 0,26 % Silicium eingeleitet wurde und danach mit einem weicheren Materiale von ca. 0,71 % Silicium bei ähnlichem Mangangehalte wie vorher vervollständigt worden ist. Auch dürfte der Unterschied, daß das spezifische Gewicht von Mangan 8,0 ist und das von Silicium 2,39, einer späteren Vermischung der Eingüsse keinen Vorschub geleistet haben, besonders da das weichere Eisen spezifisch leichter gewesen sein muß. —

Nach den Analysen dürfte ein guter Hartguß, wenn derselbe im Kupolofen hergestellt werden soll, für drehhärteste Gegenstände, deren Bearbeitung nur mit Spezialstahl sich ermöglichen läßt, in erster Reihe aus hellfarbigem, weißem Roheisen dargestellt werden, welches unter Berücksichtigung der gewöhnlichen Ab- und Zugänge durch den Schmelzprozeß etwa enthielte:

Ges. Kohlenst. 3,3%, Silicium 0,8—0,9%, Mangan 1,5—1,7%, Schwefel 0,03%.

Dabei nicht über 0,6% Phosphor und 0,08% Kupfer, woraus ein Schmelzprodukt erzielt werden dürfte von etwa:

Ges. Kohlenst. 3,20%, Silicium 0,7—0,8%, Mangan 0,8—0,9%, Schwefel 0,08%.

Die Anreicherung von Phosphor zu 15% angenommen, aus Eisenabbrand und den Ofenwandschlakungen, gibt 0,69%.

Da der Schwefelgehalt durch die Anreicherung aus dem Schmelzkokse um 0,05% oft unerwünscht sein könnte, so muß in solchem Falle auf seine Reduktion bei der Schmelzung Bedacht genommen werden. Wie dieses zweckmäßig bewirkt werden könnte, ist allgemein nicht bekannt. Durch neuere Versuche ist jedoch erwiesen worden, daß das Mangan in hervorragender Weise den Schwefel binden und verschlacken kann. Ein Zusatz im Kupolofen von 1% Manganerz von 28% Mangangehalt, soll jede Schwefelzunahme ins Schmelzprodukt verhindern, wie bereits Seite 18 unter „Mangan“ und Seite 71 angeführt ist; aber auch statt des üblichen Kalkzuschlages zum Schmelzgut reinen, von Schwerspat freien Flußspat zu verwenden, ist von Vorteil, da er den Schwefel und auch den Phosphor angreift und verschlackt, was beim Kalke wenig oder gar nicht der Fall ist. —

Für diejenigen Hartgußgegenstände, an welche nicht ganz besondere Eigenschaften geknüpft werden, braucht man, wie die Analysen ergeben, in der Wahl der Gattierung nicht so ängstlich zu sein und bewegen sich die Ergebnisse in weiten Grenzen. Hierfür sind alle weißen und melierten Koksroheisen geeignet, wie die Siegerländer Marken. Die Festigkeiten erreichen beim Hartgußmateriale

pro qmm, für Zug: (Stäbe 22 mm. Diam., bearb.) 22 bis 26 kg — Biegung (26 qmm roh) bei 1,0 m Freilänge, 37 bis 39 kg. — Aus England wird rein kalt erblasenes Holzkohlenroheisen für Hartgußwalzen, Waggonräder etc. angeboten von 30 kg Zugfestigkeit. Die größte Bruchfestigkeiten, die man an Gattierungsmaterial für Hartguß, an nicht in Kokillen gegossenen Stäben, also an „Weichguß" beobachtet haben will, erreichen 47 kg pro qmm.

Für die Gegenstände sub b), welche dicht, fein im Gefüge, von großer Festigkeit und ohne Spröde sein sollen und selbst bei großen Stoffstärken wenig Graphitausscheigungen zeigen dürfen und keine gehärteten Oberflächen erhalten, also ohne Kokillen, in Sand- oder Lehmguß herzustellen sind, ist da, wo es auf den Preis der Ware nicht so sehr ankommt, das graue Holzkohlenroheisen für maschinelle Gegenstände in Betracht zu ziehen und für massive das melierte. Und zwar das

graue mit: 0,7—2,5 % Silicium neben 0,25—0,59 % Mangan und 0,03—0,05 % Schwefel,

melierte mit: 0,86 % Silicium neben 0,31 % Mangan und 0,04 % Schwefel.

Danach die Siegener Spezialmarken, welche Koksroheisen sind, daher billiger als Holzkohlenroheisen, aber auch bei dem höheren Mangangehalte spröder sind. Dagegen haben sie an Phosphorgehalt meist nur 0,1—0,3 % während die Holzkohlenmarken 0,4—0,7 % aufweisen. Der gebundene Kohlenstoff oder der Mangangehalt, wenn er gegenüber dem Siliciumgehalte etwas hoch sein sollte, das dichte Gefüge bei sonstiger Reinheit an Beimengungen und Fremdkörpern machen die Gußstücke noch sehr widerstandsfähig gegen Feuer- und besonders gegen Säurewirkungen. Der Billigkeit wegen werden hierfür auch Mischungen angewandt, wie solche unter „Spezialguß" verzeichnet sind. Wir rechnen jedoch hierher nur alle solche Gattierungen, aus welchen ohne Zusätze von Maschinen-Brucheisen, dieser Sonderguß genannt „Weichguß" im Gegensatze von „Hartguß" oder „weichem Guß" erzeugt wird.

Für den Weichguß muß der Gehalt an Schwefel gering sein und der Kupfergehalt nur Spuren aufweisen. Die Festigkeit der Güsse soll derjenigen sub a) ähnlich sein. Dagegen muß die Elastizität eine größere sein. Die Bedingungen, welche man an den Weichguß stellt, können nur durch ein reines Material und daher besonders durch die Gattierungen mit Hämatiteisen erreicht werden. Desgleichen ist aber auch ein Zusatz von Eisen- und Stahlschienenabfällen, insbesondere bei Anwendung von Hämatit Nr. I mit wenig Mangan, oft sehr zweckdienlich. Jedoch darf man in der Verwendung solcher Abfälle nicht zu weit gehen, da ein Übermaß, selbst bei keiner großen Härte, so doch Spröde gleich wie Mangan erzeugen kann. Der Zusatz hängt wesentlich von der Stoffstärke der Gegenstände ab. Die Gattierungen selbst sind für den Weichguß dieselben, wie für den Hartguß, nur daß die Güsse ohne Kokille hergestellt werden, bildet den Unterschied. Zu beachten bleibt für alle Gußstücke, so auch hier, daß bei sonst gleichem Schmelzgute die dünnwandigen Stücke mit siliciumreicherem Materiale herzustellen sind, als dickwandige oder gar massive und daß bei der Verwendung von Eisen- und Stahlabfällen ein heißer Ofengang eine Bedingung ist, da sonst das Schmelzprodukt einer innigen Vermischung entbehren kann und gegenteilige Ergebnisse als die gewünschten in Erscheinung treten können. Wie weit man mit solchen Abfällen zur Gattierung gehen kann, ist unter Kapitel „Stahl- und Schmiedeeisen-Zusätze“ näher erläutert. Verfasser empfiehlt für den Guß von Kaliberwalzen von 400 mm Diam. in „Weichguß“.

100 kg Stahlschienen-Abfälle oder Eisenschrott zu 500 kg Hämatit III

oder: 150 kg Stahlschienen-Abfälle oder Eisenschrott zu 450 kg Hämatit I.

Die Drehspähne solcher Güsse müssen sich kräuseln und die gedrehten Flächen müssen eine so geringe Graphitausscheidung zeigen, daß dieselbe kaum bemerkbar ist.

Ein Arsengehalt im Roheisen ist für den Hart- wie

für den Weichguß zu meiden, da schon geringe Mengen neben Härte große Spröde im Gefolge haben. Mengen von 0,1 bis 0,2 % sind für die Erzeugnisse der Walzwerke schon ausgeschlossen, da Eisen oder Stahl dadurch glasartig wird und daher ist wohl anzunehmen, daß auch in den Guß-Gegenständen solche Mengen verderblich wirken.

Allgemein ist nach veröffentlichten Untersuchungen und Erfahrungen anzunehmen, daß:

der Schwefel im Hartgusse denselben, wie auch ansonst, für Härte und Spröde empfänglich macht, Risse erzeugen kann und wenig Temperaturdifferenzen zuläßt;

das Mangan ebenfalls Härte und Spröde erzeugt; dagegen nur bei starker Härtung sich Schwindungsrisse bilden und auch für Temperaturdifferenzen nicht so empfindlich ist, als Schwefel;

das Kupfer überhaupt im Roheisen nur in geringer Menge enthalten sein darf oder nicht darin vorkommen soll, wie unter „Kupfer", Seite 21, bereits besprochen ist;

der Phosphor die Härte wenig oder gar nicht beeinflußt, er erscheint überflüssig und ist daher gering zu halten, damit er die Festigkeit nicht beeinflußt. Nur bei einem Übermaß von Schwefel kann auch der Phosphorgehalt ein höherer sein als sonst üblich, da er alsdann auf Mürbe hinwirkt und dadurch die Spröde-Wirkung des Schwefels mildert. — Dagegen fand Dr. West bei in Kokillen (Hartguß) gegossenen Stäben in einer mitt leren Zusammensetzung von:

Ges. Kohl. 4,17 — geb. K. 1,50 — Graphit 2,67 Sil. 1,5 — Mn. 0,64 — S. 0,03 — Ph. 0,09 %, die Festigkeit zu etwa 19 kg. pro qmm. Wurde der Gehalt an Phosphor um 0,07 % vermehrt, durch Einlegen in die Gießpfanne, so daß die Probestücke ca. 0,16 % Phosphor enthielten, so stieg die Festigkeit auf 24 bis 27 kg. Der gebundene Kohlenstoff zeigte sich um 0,66 % vermehrt und betrug durchschnittlich 2,16 %

das Ideal für einen guten Hartguß die Kohlenstoffverbindungen sind, mithin Roheisenmarken, welche ihre Härte

nicht einem größeren Gehalte von Mangan oder Schwefel verdanken, vielmehr ebenso wie beim Tiegelstahlformguß, diese Stoffe gleichwie Silicium und Phosphor erst in zweiter Linie in Betracht kommen. Demnach ist das Holzkohlenroheisen, welches viel gebundenen Kohlenstoff neben wenig Mangan besitzt, das beste Hartgußmaterial und das Koksroheisen, welches den gebundenen Kohlenstoff einem gewissen Mangangehalte verdankt, von geringerer Güte, wenn es sich um eine gewisse Zähigkeit des Materials handelt, was nicht immer erforderlich ist.

Aus den letzteren Verhältnissen erklären sich auch die großen Differenzen, welche durch Analysen in den Hartgußgegenständen gefunden worden sind, worin schwankt: Der Ges. Kohlenstoff von ca. 2,4—3,5 % — geb. Kohlenst. von 1—3 % — Silicium von 0,3—1,2 % — Mangan von 0,2—1,1 % — Schwefel bis 0,13 % — Phosphor bis 0,8 % und lassen sich Hartgußgegenstände aus fast allen Roheisensorten, die in der Gießerei zur Anwendung kommen, herstellen, wenn man darauf achtet, daß dieselben etwas hellfarbig, nicht zu graphitreich sind und die Hartflächen in Kokillen oder auf stoffigen eisernen Auflaufstücken, infolge plötzlicher Abschreckung des flüssigen Eisens auf denselben, sich erzeugen können. Solche Gegenstände genügen natürlich nur ganz begrenzten Anforderungen. Verfasser goß im Jahre 1871 eine große Anzahl von Eisenbahnherzstücken für private Zwecke aus solchen gewöhnlichen Roheisensorten Nr. III, welche eine schöne Abschreckung zeigten, für gut befunden wurden und Anwendung fanden.

Für Hartguß-Werkzeuge zu Dreh- und Hobelmeisel aus Gußeisen, deren Schnittflächen in Kokillen gehärtet werden, benutzt man eine Zusammenstellung des Schmelzguteisens wie folgt:
3,38 % Kohlenstoff — 0,55 % Mangan — 0,40 % Phosphor — 0,66 % Silicium.

Es lassen sich aber aus jedem gewöhnlichen Gattierungsmateriale, wie es zu den Gießereizwecken in üblicher Anwendung ist, bei nicht zu starker Graphitausscheidung der-

selben, Hartmeisel und wie bereits erwähnt, Hartgußgegenstände herstellen. Bei Meiseln bröckeln jedoch im letzteren Falle die Schneidkanten leicht aus, was wohl eine Folge ihrer Erhitzung während des Gebrauches sein muß. Man ersieht hieraus, welche Anforderungen man allgemein an derartig angewandtes Hartgußmaterial nicht stellen darf. Soll ein Hartgußmaterial bestimmte Eigenschaften besitzen, so wird die Auswahl der dafür geeigneten Materialien klein und zwar derartig, daß die Erzeugung desselben nur auf großer Erfahrung beruht. Man kann behaupten, daß die Hartgußgegenstände von Gruson unübertroffen sind und daß andernseits eine große Menge Gegenstände, besonders Walzen für die Eisenindustrie, erzeugt werden, welche oft recht wenig von den Eigenschaften besitzen, welche man an sie stellen müßte.

Für die Erzeugung des Hartgusses im Kupolofen ist ein heißes Niederschmelzen des Gattierungsmateriales von Wert, damit die chemischen Verbindungen desselben so gelöst werden, daß ein Erkalten des Schmelzgutes im Vorherde oder in der Abstichpfanne, diese Trennung nicht mehr beeinflussen kann. Daher ist auch eine mechanische Mischung des geschmolzenen Eisens in der Pfanne durch Umrühren und künstliche Mittel und häufiger Abstich sehr zweckmäßig. Es bleibt stets zu bedenken, daß ein Kupolofen-Betrieb häufig Schwankungen unterliegt, welche die den Roheisensorten anhaftenden chemischen und physikalischen Eigenschaften in ihrer Gesamtheit beeinflußt und den Ausgleich zu einer einheitlichen Gattierungsmasse erschwert. Maschinenbrucheisen und gewöhnlicher Gußschrott ist aus begreiflichen Gründen und wegen der Unzuverlässigkeit seiner Bestandteile von der Hartgußerzeugung auszuschließen.

Eine sichere Handhabung zur Darstellung von Hartguß als solche, insbesondere bei geringwertigen Gattierungen, im Kupolofen noch erreichbar wäre, bietet der Flammofen.

Der „Flammofen“ wird nicht mit Koks, sondern fast ausschließlich mit Steinkohlen erhitzt. Infolge seiner Bauart kann man in ihm gröbste Stücke von Schmelzgut,

wie Walzenbruchmaterial, niederschmelzen. Er ist daher auch der am meisten gebräuchlichste Ofen zur Erzeugung von Hartguß. Im Flammofen oxydiert die sauerstoffreiche Flamme das Mangan, welches verschlackt und den Kohlenstoff des Eisens vor der Verbrennung schützt. Sodann folgen das Silicium, das Eisen und auch der Kohlenstoff. Da der Prozeß des Schmelzens viele Stunden währt, so kann man durch Entnahme von Proben, welche in kleinen Kokillen gegossen und auf ihre Härtewirkung geprüft werden, den Grad für eine gewisse Härtung abpassen. Ist derselbe erreicht, so beginnt der Abstich, das Gießen. Man hat es dabei noch in der Hand durch Zusätze zum Schmelzgute im Ofen oder in der Gießpfanne den Guß nach Wunsch zu beeinflussen. Alle jene Stoffe, welche beim Kupolofenprozeß nicht ausgeschieden werden oder noch anreichern, behalten auch beim Flammofenprozeß dieselben Erscheinungen bei. Die Regulierbarkeit des Schmelzproduktes durch Oxydation und Zusätze bildet den Vorteil des Flammofens gegenüber dem Kupolofen.

Infolge der Oxydationskraft der sauerstoffreichen Flamme in der langen Schmelzperiode von 6—8 Stunden kann man im Flammofen die manganreicheren und siliciumärmeren Roheisen verwenden. Man wählt hierzu der ökonomischen Vorteile wegen, weniger die Holzkohlen-Marken als vornehmlich weiße oder melierte Koksroheisen und insbesondere die Siegerländer Spezial-Marken bis zu grau und deren Gattierungen, sowie auch den groben Hartgußschrott, der im Kupolofen seiner Größe wegen nicht einschmelzbar sein würde. — Gute Hartgußgegenstände müssen hier, gleichwie solche aus dem Kupolofen dargestellte, die gleichen Zusammensetzungen besitzen. Man verwendet die Siegener Spezialmarken weiß mit 1,4—3,8% Mangan und 0,2—2,25% Silicium sowie 0,1—0,3% Phosphor bei geringfügigem Schwefel- und Kupfergehalt zu massiveren Gegenständen als: schweren Laufrädern, Walzen, Kollergangläufern, Roststäben an; dagegen die grauen Marken, welche selbst wenn manganreich dabei hohen Kohlenstoffgehalt besitzen, zu dünn-

wandigen Gegenständen: Gefäßen, Glühkessel, Brech- und Gleitbacken an, mithin auch meist zu Weichguß.

Es gibt Koks- und Holzkohlenroheisen, welche selbst in einer Kokille gegossen, nicht härten. Man kann als schlechte Härtmarken alle Hämatite Nr. I bezeichnen, welche nur 0,2—0,3 gebundenen Kohlenstoff besitzen, ganz Phosphor und Schwefel arm sind.

Wird der Hartguß in einer Kokille erzeugt, so muß die eiserne Form mehr oder weniger gegen den Hitzeangriff des flüssigen Eisens, vor dem Anschweißen mit demselben geschützt werden. Das geeignetste und verbreiteste Material dazu ist der Graphit. Derselbe kann aber in seinen billigen Marken höchst gefährlich für das Gußstück werden, da derselbe bis 60 %, unter 50 % selten, Beimengungen, Bergmittel aller Art enthält, so beispielsweise: 12—13 % Eisenoxyd — 1,5 % Schwefelsäure — 18—19 % Kieselsäure — 3—4 % Schwefelkies etc. Man kann wohl begreifen, daß die Einwirkungen solcher schädlichen Substanzen auf die Oberfläche des Gußstückes ganz empfindliche sein können. Man sollte daher nur das reinste Material von 90—95 % Reingraphit oder wie nur erhältlich wählen. Bis zu ca. 70 % ist der Graphitgehalt stets erhältlich, da dieser Gehalt die Grenze seiner Schlemmung bildet und daher auch noch billig ist. Wenn nötig, kann man eine kleine Beimengung von feuerfestem, blauem Tone vornehmen, um ihn gut streichfähig zu machen und haftbar, auch eine Beimischung von Buchenholzkohle im halben Volumen wie der Graphit und Ton zusammen, ist erforderlich, damit die Schwärzemasse nach der Trocknung rissefrei bleibt.

Der Zentrifugalguß. Wie man starke Platten durch die Benutzung von zwei verschiedenen Eisensorten in einer sichtbar getrennten unteren und einer darüber befindlichen, damit innigst verschmolzenen oberen Schicht herstellen kann, so kann man auch bei allen aufrecht gegossenen Stücken, durch Gießen von oben auf in zwei aufeinander folgenden Güssen von zwei verschiedenen Schmelzprodukten, eine obere und eine untere Schicht herstellen.

ist es eine Bedingung, daß solche Gußstücke nur wenig oder gar nicht schwinden nach dem Gusse — was der Hämatitguß auch nicht tut. Dagegen bewirkt er in größeren Stoffmassen meist das Gegenteil, er vergrößert sein Volumen nach dem Gusse, insbesondere wenn er sehr graphitreich ist. Das befähigt denselben wieder zu vielfachen Verwendungszwecken, wie beispielshalber zum Einguß von Stahlschienen-Herzstückspitzen für den Eisenbahnbetrieb. Solche Spitzen mit den Flügelschienen sind auf Blechplatten fest genietet und mitunter noch quer verschraubt. Erwärmt man solch ein Stück über handwarm und gießt zwischen die Spitze und den Flügelschienen auf eine gewisse Länge, meist 0,50 m, Hämatiteisen I ein, so ist nach dem Erkalten dasselbe, trotzdem über alle Fußnieten und Querschrauben hinweg gegossen ist, unwandelbar fest, gleichsam ein Stück mit seiner Hülle geworden; es hat sich vergrößert und ist nicht geschwunden. Nach den Versuchen des Verfassers zeigten selbst beim stärksten Bahnbetriebe solche Stücke nach jahrelanger Beobachtung keine Lockerung.

Zu den Güssen, für welche große Weichheit und Reinheit des Materiales gewünscht wird, rechnen die Dynamogehäuse und alle sonstigen Apparate, welche damit in Verbindung stehen und bei welchen es auf „besondere" Festigkeit nicht ankommt. Hierzu eignet sich das Hämatit in besonderer Weise, da dieses weiche Material eine große Zähigkeit aber bei einer begrenzten Festigkeit besitzt, besonders wenn der Mangangehalt gering ist. Steigt der letztere so kann auch die Festigkeit eine sehr ausreichende werden.

Die Hämatite Nr. I haben 3% und darüber Silicium und sind bis 1% Mangangehalt grobkörnig; sie werden bei höherem Gehalte bis 1,7% feinkörnig. Von 1,8% an und darüber heißt das Hämatiteisen „Bessemer-Eisen" und wird in den Stahlwerken zur Herstellung von Schienen, Blechen etc. benutzt. Die Hämatite Nr. III unterscheiden sich von den vorhergehenden durch ihren geringeren Siliciumgehalt — 2 bis 2,5%. — Sie sind daher feinkörnig und bei hohem Mangangehalt hellfarbig.

Zu dünnen Güssen, Poterie und Feinguß, eignet sich das Hämatiteisen nicht. Es ist schwerflüssig, fließt träge, da der Phosphorgehalt fast ganz (0,06 %) fehlt, daher vermag es scharfe Formen nicht auszufüllen. Für diejenigen Gegenstände, welche wir unter Hämatitguß zählen, ist jede Gattierung mit anderen Gußmarken ausgeschlossen. Aus leicht begreiflichen Gründen empfiehlt es sich daher, nie die Marke einer einzigen bestimmten Bezugsquelle als Schmelzgut zu verwenden, sondern, wenn auch dieselbe Qualität, solche von verschiedenen Hüttenwerken zu mischen. Nach den Erfahrungen des Verfassers kommen selbst bei gleichen Analysen in den gewöhnlichen Stoffen und bei gleichem Korn und gleicher Farbe, doch ziemliche Differenzen in bezug auf Elastizität wie auch Festigkeit vor. Auf einen Stoff ist bei dem Hämatitgusse insbesondere zu achten, das ist das Kupfer. Ist es in einem Eisen mit mehr als 0,05 % vorhanden und kann durch Mischungen nicht verringert werden, so wirkt es schädlich. Nach den mehr als 10jährigen Erfahrungen und beobachteten Vorkommnissen des Verfassers ist derselbe zu der Überzeugung gekommen, daß das Kupfer im Hämatit keinerlei Legierung eingeht sondern ein Schwimmgemensel bleibt, auch wenn es noch so gleichmäßig im Gußstücke verteilt sein sollte. Es kann alle Eigenschaften des Hämatiteisens aufheben und zu einer gewissen Faulbrüchigkeit die Veranlassung bieten, so daß Temperaturdifferenzen sofort zum Bruche führen, wie Seite 21 bereits erläutert ist.

Für alle Gegenstände unter 50 mm Stärke wird man die Hämatite I mit ca. 1 % Mangan bei nicht unter 2,5 % Silicium, eventuell mit Nr. III gattiert zu wählen haben, wenn man die Gußstücke nicht zu weich, grobkörnig, graphitisch wünscht; für größere Stoffstärken wählt man zweckmäßig nur die Marken III oder solche Nr. I mit 1,5 % Mangan bei ca. 3 % Silicium. Mehr Mangan bedingt mehr Silicium und umgekehrt, wenn die Gußstücke noch weich und graufarbig ausfallen sollen. Bei besonders starken, dickwandigen Gußstücken kann der Mangangehalt bis 1,7 %

im Roheisen betragen, denn es bleibt zu beachten, daß durch das Niederschmelzen im Kupolofen 30% und mehr an Mangan verloren gehen, dagegen der Verlust an Silicium nur ca. 10% beträgt und der Manganverlust um so größer wird, je größer sein Gehalt gegenüber dem des Silicium im Roheisen vorhanden ist.

Was den Guß der Dynamogehäuse und der damit verwandten Gegenstände betrifft, so wird behauptet, daß der Mangangehalt, magnetischer Eigenschaften wegen, niedrig zu wählen sei. — Daß das Hämatiteisen zu anderen Zwecken das vorzüglichste Gattierungsmaterial sein kann, wurde bereits bei den besprochenen Gußarten hervorgehoben, auch daß es sich insbesondere zu den Gattierungen mit Stahl- und Eisenschrott zu den vorzüglichsten Güssen für Weichheit, Zähigkeit und Festigkeit eignet. — Hämatite mit 2% oder etwas mehr Mangan bei etwa ebensoviel Silicium sind für Gießereizwecke ohne Gattierung nicht mehr verwendbar. Nach den Erfahrungen des Verfassers vertragen die damit hergestellten Gußstücke keine großen Temperaturdifferenzen mehr.

Die Zugfestigkeit des weichen, grobkörnigen Hämatitgusses kann man nur auf 10—11 kg pro qmm und der feinkörnigen auf 14 kg in Anschlag bringen.

Der Hämatitguß bietet eine Schwierigkeit in seiner Darstellung, welche sehr beachtenswert ist. Da das Hämatiteisen an Schwefel und an Phosphor arm ist, so reichert es sich im Kupolofen reichlich damit an, wenn in dem Ofen vorher andere Gattierungen niedergeschmolzen waren und von jenen Stoffen die Ofenwände, die nicht entfernbaren, festsitzenden Schlackenteile und Überzüge gesättigt sind.

E. Stahl- und Schmiedeeisen-Zusätze zum Schmelzgute.

Im Vorhergehenden über die „Gußwaren“ ist bereits auf die große Veränderung eines Schmelzgutes hingewiesen, welche durch eine Gattierung desselben mit Stahl- und

Schmiedeeisen-Abfällen sich bewerkstelligen läßt; insbesondere wenn es auf Dichte und Zähigkeit, verbunden mit großer Festigkeit und doch weicher Beschaffenheit des Materiales ankommt, oder aber auch große Festigkeit, beliebige Härte — jedoch verbunden mit dabei zunehmender Spröde — erzielt werden soll. Es ist hingewiesen, wie das Zusatzverhältnis auch vornehmlich von der Stoffstärke abhängig ist, sodaß dünnere Gegenstände nur wenig, stärkere desto mehr Zuschläge für gleiche Zwecke erfordern. Daß dabei das Roheisen, welches man zur Gattierung benutzt, in seiner Zusammensetzung einen nicht unwichtigen Einfluß ausübt, ist selbstverständlich.

Um diese Einflüße beurteilen zu können, um danach seine Wahl in der Gattierung zu treffen, muß man sich vergegenwärtigen, daß bei der Reduktion des Eisens im Kupolofen, Mangan, Silicium und Kohlenstoff reduziert, verschlackt werden, und zwar um so mehr, je höher die Temperatur war, welcher das Schmelzprodukt ausgesetzt gewesen war. Da aber bei der Anwendung von Eisen und Stahl zum Schmelzgute es Bedingung ist, daß die Ofentemperatur eine hohe sei, damit die Vermischung der ungleich und nur bei höherer Temperatur schmelzenden Zuschläge, als solche für Roheisen nötig war, sich vollkommen vollzieht, so setzt dieses auch größere Entziehung, Verbrennung von Mangan, Silicium und Kohlenstoff voraus. Sind diese Mengen in einem Roheisen in einem solchen Mischungsverhältnisse vorhanden, daß ihre Entfernung, welche in der angegebenen Reihenfolge sich vollzieht, Veranlassung bieten kann, daß aus einem weichen oder nicht harten, grauen Eisen ein härteres oder gar weisses Schmelzprodukt entstehen kann, so ist für ein solches Roheisen jeder Zusatz von Stahl oder Eisen als Gattierungsmaterial ausgeschlossen, es sei denn, daß man es auf Härte und Spröde abgesehen hätte.

Zum Maschinenguß verlangt man ein dichtes, weiches, zähes Material und die Erfahrung hat gezeigt, daß, wenn man zu diesem Zwecke eine wesentliche Verbesserung des

Roheisens durch Gattierung mit Stahl oder Eisen erreichen will, man nur diejenigen Roheisenmarken verwenden darf, welche von grobem Korne sind, also solche, welche Silicium- und Kohlenstoff-reich aber Mangan arm sind oder bei Mangangehalt einen großen Gehalt an Silicium besitzen. Je nach den Anforderungen, welche man an ein Gußstück stellt, sind demnach zur genannten Gattierung geeignet alle deutschen Gießereimarken Nr. I wie auch Nr. III, welche bei 0,8—1,0 % Mangan auch 2—2,8 % Silicium, neben 3,8 % Ges. Kohlenstoff auch 3,3 % Graphit aufweisen. — Zu besonders starken und zähen Güssen eignet sich das Hämatiteisen, aber auch hier ist es, je nach der Beschaffenheit desselben geboten, die Gattierungszuschläge abzuwägen, da die feinkörnigen, manganreicheren Sorten im Verhältnis weniger Zuschläge bedingen als grobkörnige, Mangan arme.

Aus den angeführten Gründen sind zur Gattierung mit Stahl und Eisen nicht geeignet: die Holzkohlen-Roheisen wegen ihres sehr schwankenden in der Regel hohen gebundenen Kohlenstoffes und geringeren Siliciumgehaltes, wie überhaupt alle weißen, hellen oder feinkörnigen Roheisensorten.

Wählt man zu einer gegebenen und geeigneten Roheisensorte den Gattierungszuschlag so, daß eine Verwandlung des Schmelz-Produktes nicht derartig auftritt, daß Kohlenstoff als Graphit im Produkte wenig mehr vorhanden, dasselbe hellfarbig oder weiß geworden wäre, so erhöht sich erfahrungsgemäß die Zähigkeit und dessen absolute wie relative Festigkeit augenscheinlich, was dadurch bedingt ist, daß an Stelle der dem Roheisen eigenen Graphitzellen nunmehr Eisenzellen getreten sind, wie auch, daß infolge der Ausscheidung von Mangan und Silicium durch den Schmelzprozeß, das Produkt aus reinerem Materiale besteht, was demselben größere Zähigkeit verleihen muß. Zu beachten bleibt ferner die Art und Weise, in welcher das Zusatzmaterial eingeschmolzen wird. Erfolgt die Schmelzung direkt im Kupolofen, so tritt für heißes Niederschmelzen

was zur innigen Vermischung des Gattierungsmateriales mit dem Roheisen eine Bedingung ist, auch die größere Neigung der Stoffe zur Oxydation, Verbrennung, ein, welche infolge dieser erhöhten Temperatur auch größer sein kann als sonst, insbesondere für das Mangan und das Silicium, was bedingen würde, daß bei der Anwendung eines reinen, an Fremdstoffen armen Eisens — Hämatit — der Mangangehalt auch größer sein dürfte als bei anderem Gattierungsmateriale.

Im allgemeinen und unter dem gewöhnlichen Kupolofenbetriebe kann man die Zuschläge von Eisen oder Stahl zum Roheisen nur als eine Mischung ansehen, da dieses Material verhältnismäßig nur geringe Änderung durch den Schmelzprozeß gegenüber dem Roheisen erleiden dürfte, infolge seiner Armut an oxydierenden Substanzen. Diese Vermischung eines an Verunreinigung armen Materiales mit dem Roheisen muß demgemäß ein Schmelzgut liefern, dessen Bestandteile und Eigenschaften man vorher übersehen kann; man erreicht dieses somit bequemer und zuverlässiger, als solches durch alle Roheisen-Gattierungen, Schmelzprozeßeinwirkungen, oder durch Zuhilfenahme des Flammofens bewerkstelligt werden könnte.

Folgende Gattierungen vom Verfasser vielfach ausgeführter Gußstücke können zur weiteren Erläuterung der Zusatzmengen dienen.

1. Für feste, dichte aber weiche Kaliberwalzen von 40 cm. Diam.:

100 kg Stahlschienen-Abfälle,

250 kg Hämatit Nr. III, feinkörnig grau in Analyse wie unten, und

300 kg Ia Maschinenbruch.

Wählt man statt des Maschinenbruches eine Hämatit-Marke, so kann man den Stahlzusatz erhöhen, wie Seite 51 angegeben ist.

Solche Walzen lassen sich drehen, als wenn sie aus Flußeisen beständen, die Graphitausscheidung ist unmerklich. Die Gattierung zeigt 15 % Stahlzusatz vom Gesamt-

gewichte und hätte bei der großen Stoffmasse auch 17 % gewählt sein dürfen. — Für geringere Stoffstärken, bei Plungern von 50—60 mm Stoffwänden, wurden 10 % Stahlabfälle gewählt mit gutem Erfolge. — Bei Gegenständen mit dünneren Wandstärken wählt man der Sicherheit halber nur Hämatiteisen statt Brucheisen, das reich an Verunreinigungen sein kann, während das Hämatiteisen arm an Phoshor und Schwefel ist, daher auch sprödefrei und daher mehr an Zuschlägen verträgt.

Obige Gattierung, bemessen auf den Durchschnitt des Roheisen-Schmelzgutes, ergibt etwa nach unten vermerkten Analysen des Roheisens:

3,0 % Ges. Kohlenst., 0,5 % geb. Kohlenst., 1,7 % Silicium, 1,1 % Mangan, 0,4 % Phosphor, 0,08 % Schwefel, 0,06 % Kupfer.

2. Plungerguß von 50—60 mm Stoffstärke:

65 kg Stahlschienen-Abfälle,

290 kg Hämatit III von Analyse wie unten vermerkt,

295 kg Brucheisen.

woraus sich der Durchschnittssatz ergibt zu:

3,2 % Ges. Kohlenst., 0,5 % geb. Kohlenst., 1,85 % Silicium, 1,23 % Mangan, 0,40 % Phosphor, 0,08 % Schwefel, 0,06 % Kupfer; was gleichwertig ist mit:

150 kg Stahlschrott,

250 kg Hämatit I von 1,7 % Mangan bei 2,8 % Silic.,

200 kg Deutsch III mit 0,8 % Mangan bei 2,3 % Silic.,

50 kg Siegerl. mel. mit 2,96 % Mangan bei 1,26 % Silic.

3. Zu hydraulischen Zylindern für 200 Atm. Druck bei einer Wandstärke von 120 mm war gewählt:

Aus Analysen der Roheisen in 1886	Graphit	Geb. Kohle	Ges. Kohle	Silicium	Phosph.	Schwef.	Mangan	Kupfer
22 % Hämatit III feink.	3,3	0,5	3,8	2,0	0,08	0,05	2,0	0,07
64 % Deutsch	2,8	0,6	3,4	1,5	0,81	0,03	0,6	0,06
14 % Schienenabfall	—	0,5	0,5	0,3	0,08	0,05	0,8	0,08
Satz — Mittel:	2,54	0,58	3,12	1,45	0,60	0,04	1,00	0,06

Deutsch III wurde in zwei Marken verschiedener Herkunft gewählt.

Es ist bereits eingangs erwähnt, daß ein heißes Niederschmelzen für eine innige Mischung des Schmelzproduktes bei der Anwendung von Stahl- und Schmiedeeisen-Abfällen ein Erfordernis ist, wenn nicht ungleichartige Gußstücke erzielt werden sollen; denn Stahl und Eisen schmelzen erst bei 1500° resp. 1300° C, während die Gießerei-Roheisen schon zwischen 1050 und 1250° C sich verflüssigen. Ist dann der Kupolofenbetrieb auch noch ein unregelmäßiger, so ist ersichtlich, daß unter ungünstigen Umständen ein gewünschtes gleichartiges Schmelzprodukt nicht erzielt werden kann; der Zusammenhang der ursprünglichen Stoffverbindungen in den Gattierungen wird alsdann nicht vollständig aufgehoben; es bilden sich verschiedene Schmelzgruppen, welche sich erhalten und bei der Abkühlung nach dem Abstiche, sich in der Gießpfanne nach ihren spezifischen Gewichten ordnen und mithin ein gleichartiges Gußstück nicht ergeben können. — Diesem Übelstande läßt sich durch eine künstliche Mischung des Eisenbades, verbunden mit einer, wenn auch nur kurzen, aber hohen Temperaturerhöhung entgegenwirken, wie solche durch das Einführen einer Titanpatrone in das Eisenbad erreicht wird, ohne daß die Kosten des Verfahrens sich um mehr als einige Mark pro Tonne Gußware erhöhten, und wie unter „Gußeisen-Veredelung“ des weiteren besprochen wird.

Die Biegungsfestigkeit drehharter Gattierungen kann bei großer Elastizität über 43 kg pro qmm erreichen.

F. Über die Veränderungen des Roheisens beim Niederschmelzen.

Das Schmelzgut der Kupolöfen soll immer aus Mischungen entweder gleichartiger Roheisensorten oder verschiedenartiger zu einer Gattierung bestehen. Durch das Niederschmelzen soll das Schmelzprodukt ein chemisch gleichmäßiges werden. Diese Gleichmäßigkeit läßt sich rechnerisch nur annähernd bestimmen, da die chemischen Veränderungen im Schmelzgute von mannigfachen Einwirkungen darauf abhängen. Zuvörderst soll das Niederschmelzen heiß

und rasch erfolgen, damit die chemischen Verbindungen im Roheisen vollständig gelöst und die Gattierungen mischungsfähig werden und durch ein rasches Hindurchgehen durch die Schmelzzone das Schmelzgut der Einwirkung des Gebläsewindes und einer Entkohlung entzogen bleibt. Aus dem Ofenfutter, dem Ausschmiermaterial, nimmt das Eisen Bestandteile auf und der Schmelzkoks kann das ganze Schmelzgut verderben. Ist er weich und leicht, statt hart, schwer, dicht und fest, so verwandelt er Kohlensäure in Kohlenoxyd um oder erzeugt nur Kohlenoxyd und die Schmelzung ist eine schlechte, der Koksverbrauch dabei ein erhöhter. Ist der Koks an Schwefel reich, so geht derselbe in zu großer Menge in das Eisen über, die Gußstücke können porig, blasig werden. Will man daher einigermaßen vorher wissen, wie ein Schmelzgut nachher ausfällt, so muß man, um eine gewisse Erfahrung sammeln und festhalten zu können, auf die Gleichmäßigkeit der das Schmelzgut beeinflussenden Substanzen, wie auf die des Ofenbetriebes hinwirken.

In welcher Weise sich das Roheisen durch den Schmelzprozeß unter den gewöhnlichen Verhältnissen verändert, kann man aus nachstehenden veröffentlichten Analysen erkennen:

Zusammensetzung	Graphit	Geb. Kohle	Ges. Kohle	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	
Vor dem Umschmelzen	3,61	0,28	3,89	2,97	0,68	0,024	0,71	Nach Müller: „Stahl u. Eisen" 1895.
Nach einmaligem Umschmelzen	3,47	0,34	3 81	2,74	0,71	0,025	0,48	
Nach sechsmaligem Umschmelzen	2,64	0,92	3,56	1,65	0,75	0,056	0,35	
Die Verluste und Zunahmen betragen in % vom ursprünglichen Gehalte:								
Bei einmaligem Umschmelzen	− 3,88	+ 21,2	− 2,05	− 7,74	+ 4,41	+ 4,16	− 32,4	
Bei sechsmaligem Umschmelzen	− 26,8	+ 228,5	− 8,48	− 44,4	+ 10,3	+ 133,3	− 50,7	
Vor dem Schmelzen	2,35	0,75	3,10	2,30	0,29	0,06	2,00	Nach Jüngst
Nach einmaligem Umschmelzen	2,73	0,60	3,33	2,42	0,31	0,04	1,09	
Nach sechsmaligem Umschmelzen	2,08	1,26	3,34	1,16	0,28	0,20	0,36	
Ab-, Zugang bei einmaliger Schmelzung in %	+ 16,17	− 20,0	+ 7,42	+ 5,21	+ 6,90	− 33,3	− 45,5	

Aus der oberen Tabelle ist ersichtlich, in welcher Weise sich die Stoffe eines Schmelzgutes durch den Schmelzprozeß anreichern oder mindern können. Nach den Analysen, welche Verfasser verschiedentlich veranlaßt hat, kann man für das im Gießereibetriebe in Betracht kommende einmalige Schmelzen diese Zahlen als die allgemein richtigen und einer Gattierungsberechnung zu grunde zu legenden annehmen und wurden hierfür bereits als Mittelwerte für:

Graphit	Geb. Kohle	Ges. Kohle	Silicium	Phosphor	Schwefel
— 8%	+ 20%	— 3%	— 11%	+ 10%	+ 0,04 Constante

Mangan	Kupfer
— 47%	+ 10%

als Rechnungsgrößen angenommen.

Die untere Tabelle zeigt davon abweichende Verhältnisse insofern, als sich der Schwefelgehalt verminderte, Silicium anreicherte und auch der Kohlenstoff. Man kann daraus nur folgern, daß gewisse Roheisensorten, die Materialien, welche beim Schmelzprozeß in Betracht kommen, der Ofenbetrieb selbst, in bestimmten Fällen andere Resultate ergeben und für eine Gattierungsrechnung gekannt sein müssen, wenn diese zu gewünschten Ergebnissen führen soll. Man ersieht ferner daraus den Einfluß des Mangans, wenn dasselbe reichlich vorhanden ist. In diesem Falle schützt er das Silicium vor der Oxydation, dasselbe hat sich sogar bei der ersten Umschmelzung noch etwas anreichern können, was jedoch sehr selten vorkommen dürfte. Der Kohlenstoff zeigt in den Tabellen bei einmaliger Umschmelzung eine Abnahme von 2% und desgleichen auch eine Zunahme von 7% und kann man bei einer gewöhnlichen und nicht zu reichlichen Kohlenstoffmenge annehmen, daß sich dessen Gesamtgehalt weder mindert noch mehrt, also erhalten bleibt und nur der gebundene Kohlenstoff auf Kosten des Graphitgehaltes sich wesentlich erhöht, was bei den Gattierungen mit Brucheisen, dessen Ges.-Kohlenstoff im Mittel nur 3,26% beträgt, zutreffen dürfte. — Schwefel und Phosphor mehren sich immer bei dem gewöhnlichen Ofenbetriebe mit Kalksteinzuschlag zum Schmelzgute. Die

Zunahme an Schwefel kann man nach den Erfahrungen des Verfassers als konstant annehmen und beträgt 0,04 bis 0,05 % vom Schmelzgute, so daß ein Schmelzgut von 0,05 % Schwefelgehalt in fertigen Gußstücken 0,1 % aufweisen kann; der Phosphor erhöht sich schon infolge des Eisenabbrandes um ca. 10 %, selbst wenn der Koks frei davon sein sollte.

Es fand noch E. von Köppen:

Für	Vor dem Schmelzen			Nach dem Schmelzen		
	Mangan	Kohlenst.	Silic.	Mangan	Kohlenst.	Silic.
Spiegeleisen	14,81	3,98	0,14	8,91	4,13	0,50
„	16,24	4,62	0,40	10,98	4,96	0,66
Bessemer Roheisen	3,67	4,58	2,27	2,58	4,67	2,44

Der Kohlenstoff hat sich durchweg vermehrt, desgleichen auch das Silicium aus der Ofenausschmierung und aus den Schlacken zugeführt sein muß; das Mangan hat sich erheblich vermindert. — Die Vermehrung oder Verminderung des Schwefels durch den Schmelzprozeß ist, wie die ersten Analysen zeigen, sehr schwankend. Der Zuschlag von Kalk zum Schmelzgute bindet den Schwefel und führt ihn in die Schlacke. Diese Bindung scheint jedoch eine sehr begrenzte zu sein — auch ist der Schwefel im Gießereikokse von 0,8—1,92 % enthalten. Verfasser hat gutes Maschinenbrucheisen wiederholt in sorgfältiger Mischung analysieren lassen, wofür sich ergaben:

Maschinenbruch:	Ges. Kohlenst.	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan
Januar 1902	3,15	1,82	1,10	unbest.	0,40
Februar „	3,16	2,10	0,76	0,10	0,55
März „	3,47	2,16	0,61	0,12	0,70
Im Mittel:	3,26	2,02	0,82	0,11	0,55

Ein Blick auf die vielfachen Marken des deutschen Gießerei-Roheisens, deren Analysen eingangs des Werkchens

mitgeteilt sind, schließt auch annähernd einen Schwefelgehalt von 0,11 % im Roheisen aus. Derselbe kann nur ein durch den Schmelzprozeß meist aufgenommener sein und man tut gut, dafür ein für allemal mindestens 0,04 % als Zuschlag zu dem in dem Gattierungsgute enthaltenen anzunehmen und seinen Berechnungen zu grunde zu legen. Dagegen kann ein gewisser Manganzusatz zum Schmelzgute allen Schwefel verschlacken, ohne daß sich das Schmelzgut dadurch mit Mangan anreicherte, wie folgende Tabelle [1]) veranschaulicht:

Zusammensetzung der Roheisen bei 3,07 % Graphit vor den Schmelzungen:	Zusatz zum Schmelzgut		Ges. Kohl.	Silic.	Phosph.	Schwef.	Mangan	Analyse des verwandten Erzes, manganhaltiger Tonschiefer	
	Kalk	Erz	3,81	1,93	0,18	0,006	0,92		
I. Schmelzung:	ohne	ohne						Eisenoxyd	4,10
Im Anfange	—	—	3,58	2,04	0,22	0,05	0,79	(Fe = 2,87)	
Gegen Ende	—	—	3,50	2,03	0,21	0,056	0,72	Mangan-	
II. Schmelzung:	2 %	ohne						oxydul	38,48
Gegen Ende	—	—	3,45	1,91	0,26	0,08	0,68	(Mn = 27,72)	
III. Schmelzung:	4 %	ohne						Tonerde	3,27
Gegen Ende	—	—	3,70	2,12	0,22	0,045	0,77	Kalk	6,71
IV. Schmelzung:	2 %	1 %						Magnesia	2,76
Im Anfange	—	—	3,44	2,12	0,23	0,007	0,82	Phosphors.	0,25
Gegen Ende	—	—	3,60	2,11	0,23	0,006	0,82	(P = 0,11)	
V. Schmelzung:	4 %	2 %						Glühverl.	21,63
Mitte derselben	—	—	3,64	1,99	0,20	Spur	0,84	Rückstand	21,25
VI. Schmelzung:	6 %	3 %						Schwefels.	0,99
Mitte derselben	—	—	3,66	1,96	0,20	Spur	1,01	(S = 0,36)	

Der verwandte Koks hatte 0,81 % Schwefel und 11,10 % Asche.

Geschmolzen wurde in einem kleinen Kupolofen von 500 mm Diam. und zu jedem Versuche 300 kg Roheisen in drei Gewichtsätzen à 100 kg niedergeschmolzen. Es wurden absichtlich 280 kg Füllkoks angesetzt und pro Satz noch 40 kg aufgegeben.

Aus der Tabelle geht hervor, daß der übliche Kalkzuschlag von 4 % zum Schmelzgute in Anbetracht des 0,81 % Schwefel haltenden Kokses von nur sehr geringem Einfluß auf den Schwefel des Schmelzgutes war. Erst als 1 % Manganerz = 0,2772 % Manganzusatz zum Roheisen, dessen

[1]) Nach Versuchen von P. Reusch, „Stahl und Eisen" 1902.

Gehalt 0,92 % betrug — zusammen 1,1972 % im Schmelzgute vorhanden waren, fand eine Schwefelaufnahme aus dem Kokse nicht mehr statt. Bei einem Zusatze von 2 % Erz = 1,4672 % vorhandener Manganmenge im Schmelzgute verschwand sogar der Schwefel aus dem Roheisen bis auf Spuren und war dabei noch der Mangangehalt des Roheisens von 0,92 % auf 0,84 % zurückgegangen.

Infolge dieser Versuche wurde unbrauchbarer Koks von 2 % Schwefelgehalt dadurch brauchbar, daß man der Kokskohle vor der Verkokung entsprechende Mengen Manganerz beimischte, was den gewünschten Erfolg hatte.

Aus den Versuchen I, II, III geht noch hervor, daß das einmalige Umschmelzen des vorhandenen Roheisens ohne Erzzuschlag das Mangan um ca. 17 % und den Gesamtkohlenstoff um ca. 3 % seines ursprünglichen Gehaltes verminderte; dagegen den Phosphor um ca. 22 % und das Silicium um etwa 9 % vermehrte — der Schwefelgehalt hatte sich etwa verachtfacht resp. um ca. 0,04 % vom Roheisengewichte angereichert.

Die künstlichen Täuschungen eines Roheisens in bezug auf seinen Gehalt an gebundenem Kohlenstoff gegenüber seinem Graphite können groß sein, wenn die Roheisenmasseln im Sande oder in eisernen Koquillen gegossen waren, demzufolge auch das Aussehen fein- oder grobkörnig sein kann. Im Kupolofenprozeß werden diese Unterschiede wieder beseitigt und die natürlichen Verbindungen wieder hergestellt. Demgegenüber will man gefunden haben, daß doch ein kleiner Unterschied bestehen bleibt, insofern als das in eiserner Form gegossene härtere Masseleisen mit höherem gebundenem Kohlenstoff als das in Sand gegossene weichere, durch den Kupolofenprozeß ungleich mehr an gebundenem Kohlenstoff einbüßt, mithin die Gußstücke daraus weicher werden als solche von gleichem Roheisen in Sandformen hergestellte, mithin der gebundene Kohlenstoff in den Gußstücken ein wenig geringer ausfällt. Die feinkörnigen Eisenmasseln sind daher den grobkörnigen Sandmasseln gegenüber von keinerlei Nachteil.

V. Festigkeit und Elastizität.

A. Einfluß der Stoffverbindungen.

Im allgemeinen wächst die Festigkeit des Gußeisens mit dessen Härte und Dichte, so daß das Hartgußmaterial die höchsten Festigkeiten aufweist, und umgekehrt sinkt damit die Elastizität und es erhöht sich die Spröde. Für graues und leicht zu bearbeitendes Gußeisen hängt die Festigkeit insbesondere von der Zusammensetzung der verwendeten Roheisen, wie auch der Erstarrungszeiten ab. Je weicher, loser, graphitreicher ein Gußstück ausfällt, desto geringer ist die Festigkeit, wie auch dessen Spröde. Die Anforderungen, welche an ein Gußstück gestellt werden, hängen daher mit der Wahl der zu verwendenden Roheisensorten zusammen und den Eigenschaften derselben. Sie ergeben sich aus der chemischen Zusammensetzung und der Gefügebildung wie aus dem Charakter des Eisens. — Phosphor erzeugt Mürbe; er verringert die Festigkeit und Elastizität. Bei grauem oder weißem Eisen von 0,5 % Phosphor kann durch Anreicherung von Phosphor bis auf 2,5 % die Biegungsfestigkeit um ca. 20—50 % herabsinken. Die Gattierungen von phosphorhaltigen Marken zu einem Schmelzgute von im Mittel 1,25 % Phosphor für gewöhnliche Gußstücke — Poterie, Rinnen, Geländer, Anker, Transporträder, Baugußteile, Muffenrohre — besitzen, wie unter „Potergeguß“ erwähnt ist, eine Festigkeit pro qmm für: Zug 12—14 kg, Druck 60—70 kg, Biegung 25—26 kg bei genügender Elastizität.

Schwefel ist im Roheisen nur von 0,02—0,05 % enthalten. Dagegen nimmt er durch den Kupolofenprozeß sehr zu, so daß in den Schmelzprodukten meist bis 0,12 % gefunden werden. In dieser Menge nimmt man schon einen Einfluß auf die Festigkeit wahr. Er erhöht ansonst die Festigkeit, da er das Eisen härter, fester macht, jedoch in gleichem Maße wird auch die Sprödigkeit erhöht. Bei Kupfergehalt im Roheisen von über 0,05 % kann er für die Festigkeit der Gußstücke sehr gefährlich werden, da er

sich damit verbindet, ein Schwimmgemengsel bildet, bei Anhäufungsstellen die Festigkeit herabsinkt, aber auch bei größter Verteilung erzeugt er insofern Spröde, als die Gußstücke keine großen Temperaturdifferenzen mehr vertragen. Je nach den Gattierungen zu Maschinenguß, Spezialguß für Dampfzylinder und Apparate für Druck kann die Festigkeit bei ca. 0,12% Schwefel derselben pro qmm betragen für: Zug 14—22 kg, Druck 60—80 kg, Biegung 26—39 kg, wobei selbst bei den höchsten Ziffern noch Durchbiegungen bis 26 mm auf 1,0 m Freilänge gemessen werden konnten.

Kupfer wirkt auf Festigkeitsverminderung und macht die Gußstücke in bezug auf Temperaturdifferenzen faulbrüchig, selbst bei guter Verteilung. Da es eine große Neigung zu Schwefel hat, so kann es leicht Verbindungen damit eingehen, als ein Gemengsel in den Gußstücken sich ablagern und daselbst die Festigkeit sehr herabmindern. Es würde in den im Roheisen vorkommenden Mengen ohne Einfluß sein, wenn es nicht im Kokse durch den Schmelzprozeß eine große Anreicherung von Schwefel erhalten könnte, wodurch die im Roheisen vorhandene Menge um 0,04—0,06% vom Roheisensatze vermehrt werden kann. Es sind daher Roheisen mit mehr als 0,05% Kupfer zu meiden. Roheisen mit 0,1—0,2% Kupfer führt nach den Erfahrungen des Verfassers im Gießereibetriebe zu großen Unzuträglichkeiten und kann zu Differenzen die Veranlassung bieten. — Es kann aber auch das Kupfer infolge anderer Beimengungen im Roheisen feinst verteilt, vielleicht legiert vorkommen; ein solches Eisen ist dann sehr dicht, fest und hart. Es fand C. Bach in Gußeisen-Versuchsstäben von ca. 0,16% Cu — 0,90% Mn — 1,40% Si — 0,04% As und 0,14% S Zugfestigkeiten von 24 kg pro qmm.

Mangan erhöht die Festigkeit, aber auch die Spröde. Bei sonstiger Reinheit des Roheisens an Schwefel, Phosphor und Kupfer, wie bei Hämatit I mit 1,7% Mangan ist die Sprödewirkung nicht auffallend. Die Gußstücke werden sehr dicht und zähe. Es bleibt zu beachten, daß es sich im Kupolofenprozeß sehr vermindert und verschlackt, da es

große Neigung zum Sauerstoff und Schwefel hat und bei reichlichem Vorhandensein den letzteren vom Schmelzprodukte fernhält. Die gegossenen Stücke für Maschinen und zu Spezialzwecken, Dampfzylindern und hydraulischen Apparaten, weisen bei einem Mangangehalte bis 0,9 % hohe Ziffern für Festigkeit, verbunden mit Elastizität auf, ohne merkliche Spröde, je nachdem die Eisengattierungen an obigen Beimengungen arm waren. Im anderen Falle erzeugt es mit letzteren vereint Spröde und Härte, besonders wenn der Kohlenstoff- und der Siliciumgehalt im Roheisen gering ist, da er Graphitausscheidungen behindert und die Entstehung gebundener Kohle begünstigt.

Silicium macht das Eisen weich und elastisch; dagegen verringert es die Festigkeit, wenn es so reichlich vorhanden ist, das die Graphitausscheidung ein grobes Korn oder Gefüge im Gußstücke zur Folge hat. Die Menge zur Erzeugung eines groben Kornes hängt wieder vom Kohlenstoff- und Mangangehalte bei den sonst gewöhnlichen anderen Beimengungen ab. Deutsch I und Hämatit I von ca. 4 % Kohlenstoff — 3 % Silicium — 1 % Mangan und ähnliche Mengen geben besonders in stärkeren Gußstücken gröbstes Korn von einer Festigkeit pro qmm für:

Zug: ca. 10 kg — Druck: 50—60 kg — Biegung: unter 25 kg.

Werden solche Roheisen mit gutem Brucheisen, Stahl- oder Eisenschrott gattiert, so erreichen die damit in feinem Korn hergestellten Gußstücke hohe Festigkeiten bei großer Elastizität, wofür man im Mittel pro qmm annehmen kann für:

Zug: 15—17 kg — Druck: 80 kg — Biegung: 35 kg.

Kohlenstoff wirkt in der Art seines Vorkommens wesentlich auf die Festigkeitserscheinungen der Gußstücke ein. Graphitausscheidung vermindert und gebundene Kohle erhöht die Festigkeit. Je nach den Mengen wird dabei das Eisen weich oder hart und spröde. Graphit ist in dem Eisen lose und ohne jede Verbindung damit als Gemengsel abgelagert und schwächt daher den Zusammenhang der

Eisenteile untereinander; der gebundene Kohlenstoff ist dagegen mit dem Eisen in einer chemischen Verbindung und stärkt daher dessen Zusammenhang und das Gefüge. Da die Kohlenstoffarten in einem Gußstücke von dem Gehalte desselben an Silicium und Mangan insbesondere abhängen, so kann man bei Anwesenheit von wenig Phosphor und Schwefel die Festigkeitserscheinungen in bezug auf den Kohlenstoff wie auch bei Silicium als eine Kornbildungsfrage ansehen. Feinkörniges Gefüge der Gußstücke mit ca. 0,7% gebundenem Kohlenstoff bei 3,25% Gesamtkohlenstoff ergeben in gewöhnlicher Gattierung Festigkeiten pro qmm für:

Zug: 18—19 kg — Druck: bis 85 kg — Biegung: 29—32 kg.

und in gleicher Zusammensetzung mit Holzkohlenroheisen gattiert, für:

Zug: 21—22 kg — Druck: bis 90 kg — Biegung: 37—39 kg.

Bestes Hartguß-Material, aus feinstem hellgrauen Gefüge bestehend, dessen Härte und Gefüge bei Silicium nicht in dem Mangan, sondern in seinen Kohlenstoffverbindungen besteht, erreicht Festigkeiten für:

Zug: bis 28 kg — Druck: 100 kg — Biegung: bis 39 kg und darüber.

Setzt man in Gußstücken eine gleiche Menge Gesamtkohlenstoff sowie gleiche oder ähnliche Mengen an Phosphor und Schwefel und sonstigen Beimischungen voraus, so sind die Festigkeitserscheinungen von dem darin gebundenen Kohlenstoff abhängig, und da der letztere wieder von dem Verhältnis des Siliciums zum Mangan, in den gewöhnlichen nicht Spezial-Eisen, abhängig ist, so ist die Festigkeit im wesentlichen durch dieses Verhältnis eine bestimmte, soweit die Koks-Roheisen in Frage kommen. Das Holzkohleneisen wird in seiner Festigkeit durch den gebundenen Kohlenstoff bedingt und die grauen Gießereimarken sind ganz arm an Mangan und besitzen im Verhältnis dazu

reichlich Silicium und zeigen dennoch höchste Festigkeitsziffern, verbunden mit hoher Elastizität.

Aus dem Vorhergehenden geht hervor, daß der gebundene Kohlenstoff in den Gußstücken deren Festigkeit erhöht. Ist jedoch bei 3,5 % Ges. Kohlenstoff der gebundene über 1 %, so büßen die Gußstücke an Zähigkeit ein und um so mehr, als noch Phosphor und Schwefel zugegen sind. Die Reinheit an letzteren Stoffen ist daher ein Erfordernis.

Aluminium, welches in Roheisen nicht enthalten ist und nur künstlich einem Roheisenbade zugesetzt wird, erhöht die Festigkeit der Gußstücke, indem es die Graphitausscheidung des Kohlenstoffes in ein ganz gleichmäßiges und feines Ablagerungsprodukt überführt. Da diese Gefüge-Erzeugung in den stärkeren wie den schwächeren Stoffmassen eines Gußstückes gleichartig erfolgt, so werden Spannungen darin vermieden oder herabgemindert, mithin die Elastizität erhöht, wie Seite 26 genauer erläutert ist.

Die im Vorstehenden angegebenen Festigkeiten beziehen sich auf bearbeitete Rundstäbe von 20—22 mm Diam.; unbearbeitete Quadratstäbe von 26—30 mm bei 1,0 m Freilänge; und rohe, nur oben und unten bearbeitete Quadratstücke von 20 mm bei 40 mm Höhe für Druck. — Der nachstehenden Tabelle liegen diese Verhältnisse gleichfalls zu grunde.

Das spezifische Gewicht

der Roheisensorten, deren Dichte, hängt von deren Gefüge ab und schwankt für:

graues Eisen von 7,0—7,2
weißes Eisen von 7,5—7,8

wofür man im Mittel 7,1 resp. 7,5 wählt, welche Zahlen auch für den Hartguß in bezug auf die Härteschicht und auf die darunter befindliche Graumasse anzunehmen sind.

Die Gießhöhe eines Gegenstandes wirkt sehr auf dessen Dichte und nimmt man hierfür allgemein an: für jeden Meter Höhe eines Gußstückes eine um 0,04 vermehrtes spezifisches Gewicht.

B. Festigkeitstabelle.

Mittlere Werte zur Gebrauchs-Anwendung.

Qualität der Gußstücke	Bruch bei kg pro qmm				Elastizität, Streck-Grenze
	Zug	Druck	Biegung	Schub	
I. Poterie-Feinguß, gewöhnl. gattiert	10	60	25	12	für Druck:
II. Bau- u. Maschinenguß, gew. „ grobkörnig:	10	55	20	12	27
„ feinkörnig:	14	70	25	17	35
III. Spezialguß mit Anforderungen gattiert: weich	16	80	28	19	40
„ drehhart	18	85	30	21	43
„ drehhart mit Holzkohl.	20	90	35	24	45
IV. Walzenguß: drehhart	25	90	37	—	45
weich	17	80	30	—	40
V. Hartgußmaterialbest.	25–30[1]	100	39	—	50
VI. Hämatitguß ohne Gattierung grobkörnig:	10	50	25	12	25
feinkörnig:	14	78	35	18	39
VII. Brandeisen, Bruch gesund	unb.	14	8	—	—
zus. beiderseits 18% Oxydschichten		geringfügig, mürbe.			
„ „ 30% „ „					
Stahlformguß.					für Zug:
Temperguß, streckbar	37	37	37	—	—
Kleinteile, Tiegelguß	40	60	50	—	—
Glocken, — Herzstück-Guß	70	105	88	—	—
Schmiedeisen — Reform-Guß	36	36	36	—	—
Eisen und Stahl.					für Zug oder Druck:
Schweißeisen, Handelsqualität	36	Allgemein = Zuglast	Allgemein = Zuglast	33	—
Feinkorn	38			35	Weich, 60%
Flußeisen, schweißbar	40			37	der Zugf.
Flußstahl, nicht schweißbar	bis 50			40	Hart, 70%
„ Schienen	66			—	60%
„ Härtstahl	90	höher	höher	—	keine
Werkzeug-Gußstahl	100	als Zug	als Zug	—	keine

Rotguß-Legierungen:

Aluminium-bronze	Phosphor-bronze	Rotguß	Deltametall	Lager-komposition	Kanonen-metall
34—61	22—29	14—20	36—40	8	26—32

Messingguß 14—16 und Aluminiumguß 11 kg für Zugfestigkeit.

Die Dehnung des Gußeisens beim Zerreißen beträgt ca. 0,8% seiner Länge.

Die Kontraktion des Gußeisens beim Zerreißen beträgt ca. 0,2% des Querschnitts.

---

[1]) Höchstes Vorkommnis dafür angebotener Spezialmarken.

Elastizitätsgrenze.

Eine Elastizitätsgrenze der in der Tabelle angeführten Materialien, das heißt eine Grenze, innerhalb der ein Material um seine Verlängerung oder Verkürzung, infolge von Belastung und Entlastung, wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückgeht, gibt es nach den Ermittelungen von C. Bach nicht; es bleibt stets ein Teil davon zurück. Dagegen gibt es wohl eine Streck- oder Druckgrenze, das ist eine Grenze, innerhalb der eine Längung oder Kürzung bei einer Entlastung sich noch als federnd, elastisch zeigt. Darüber hinaus tritt nur noch eine bleibende Verlängerung oder Kürzung ein, die sich mit der Belastung mehrt bis zum Bruche. Schmiede- und Flußeisen wie Flußstahl haben eine Proportionalitätsgrenze, das ist eine Grenze, bis zu welcher die Dehnungen und Kürzungen den Lasten proportional bleiben und desgleichen die Federungen. Gußeisen hat keine solche Grenzen für Zerreißungsfestigkeit, da die Längung desselben und auch die Federung der Last nicht proportional folgen. Als Druckfließgrenze kann man allgemeinhin aus den folgenden Figuren von Druckkurven für Gußeisen, wie solche sich aus den Versuchen des Verfassers ergeben haben, annehmen, daß die Druckgrenze für Gußeisen, wo also statt der Federung eine laufende, bleibende Zusammendrückung erfolgt — ein Fließen — ziemlich in der Mitte der Belastung liegt, durch die eine Zerstörung desselben erfolgt.

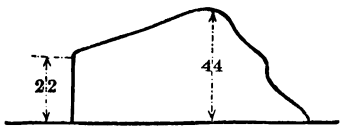
C. Über die Festigkeitsarten des Gußeisens.

Für die Bruchfestigkeiten des Gußeisens kann man allgemeinhin die Regel aufstellen, daß grobkörnige Qualitäten stets eine bedeutend geringere Festigkeit besitzen, als feinkörnige desselben Materiales. Dasselbe gilt auch für ein und dasselbe Materialstück, je nachdem dasselbe grobkörnig ist, infolge langsamer Abkühlung oder dickeren Querschnittes, gegenüber einer anderen Stelle, welche dünner und feinkörniges Gefüge zeigt. Von großer Wichtigkeit ist

ist es jedoch, ob man die Festigkeit in bezug auf ein Rohgußstück oder aber für ein bearbeitetes zu wissen wünscht. Auch die große Verschiedenheit eines Gußstückes in bezug auf sein äußeres und sein inneres Gefüge, wie solche durch Abschreckung — wie beim Hartguß — erzeugt werden kann, übt einen hohen Einfluß auf die Festigkeitserscheinungen aus. —

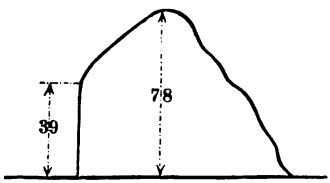
I. Die Druckfestigkeit.

Fertigt man aus einem rohen Rundstabe von 52 mm. Diam. ein Ringstück von etwa 60 mm Länge bei 35 mm äußerem und 25 mm innerem Diam., also von 5 mm Wandstärke, so erhält man für die Zerdrückung desselben ein Druckdiagramm wie nebenstehend, welches aus feinkörnigem Hämatitguß, bestehend in $^1/_3$ Millom Nr. III und $^2/_3$ Deutsch III erhalten wurde.



Bis zu 22 kg Druck pro qmm, gleich der Hälfte des Druckes, bei welchem die Zerstörung erfolgte, war infolge der rohen Versuche keine Zusammendrückung des Gußstückes bemerkbar und mithin mußte auch nur eine so geringe Elastizität vorhanden gewesen sein, daß der Druckstift der Probiermaschine dieselbe nicht mehr kenntlich machen konnte.

Aus gleichem Materiale erhielt Verfasser, für ein roh gegossenes, nicht bearbeitetes Quadratstück von 40 mm Höhe, bei 20 mm □, das folgende Druckdiagramm.

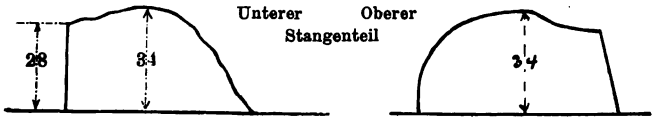


Die Elastizitätsdruckgrenze betrug anscheinend 39 kg pro qmm, also die Hälfte des Zerstörungsdruckes. —

Aus der schwach ansteigenden geraden Drucklinie läßt sich annehmen, daß eine proportional mit dem Druck wachsende elastisch bleibende Zusammendrückung des Materiales stattgefunden hat.

Aus einer Mischung von Hämatiten, bestehend in $^2/_3$ Millom III und $^1/_3$ Deutsch III, wurden gleiche Ringstücke wie vorher von äußerst grobkörniger, graphitiger Bruchfläche hergestellt und zwar aus einem stehend gegossenen Stabe solche aus dem untersten und aus dem obersten Stabteil. Die Ringstücke waren 60 mm hoch. Es ergaben sich folgende Diagramme:

Der untere Stangenteil ergab bis zu 28 kg Druck pro qmm keinerlei erkenntliche Zusammendrückung, hin-



gegen der obere Teil eine solche von Anfang bis Ende des Druckes merklich machte.

Es kann aus den Versuchen gefolgert werden, daß eine starke allseitige Bearbeitung eines Gußstückes zu einer ganz außerordentlichen Verminderung dessen Druckfestigkeit führen kann und auch die elastischen Eigenschaften infolge einer geringen Festigkeit des Materiales sich ändern können, vielleicht infolge der großen Graphitausscheidungen und Weichheit. Das letztere Material hatte keine 10 kg Zugfestigkeit pro qmm.

NB. Die Versuche waren auf einer Probiermaschine von Pohlmeyer in der Maschinenwerkstätte der königl. Eisenbahndirektion in Dortmund vom Verfasser gemacht worden und kann eine ungenaue aber keine fehlerhafte Diagrammzeichnung der Maschine angenommen werden.

Man bezeichnet mit „Proportionsgrenze“ diejenige Last, durch welche infolge Drückung oder Dehnung eine Zurückfederung des Materiales eintritt, welche diesen Belastungen proportional bleibt. Ein Teil der Gesamtverlängerung oder Drückung bleibt im Materiale den Belastungen entsprechend zurück. Die einer Last entsprechende Federung zuzüglich der zurückbleibenden gibt die Gesamtdehnung oder Drückung.

Gemeinhin nimmt man bei Druck diese Grenze für Gußeisen zu $^1/_4$ bis $^1/_5$ dessen Druck-Bruchlast an und betrug nach den Versuchen von C. Bach, für die Belastung eines Materiales mit ca. 18 kg pro qmm, das eine Zerreißfestigkeit von 19 kg pro qmm besaß, die verloren bleibende Federung innerhalb der Proportionsgrenze:

0,3—17 % von der federnd bleibenden für ungehärtet und unbearb., 0,03—4 % desgleichen für durchweg gehärtet und unbearb. Material und der Dehnungskoeffizient für die Federung obigen Materiales:

für gehärtet: $\frac{1}{1\,830\,000}$ für ungehärtet: $\frac{1}{1\,270\,000}$ worin die Belastung in kg pro qcm und die Federung in cm ausgedrückt sind.

Ein unbearbeitetes Gußstück, in feinkörnigem, zähem Materiale hergestellt, würde daher bei einer Belastung von 1800 kg pro qcm auf 25 cm Länge einbüßen an Länge:

wenn $\frac{1800 \cdot 25}{1270000} = 0{,}035$ cm $= 0{,}35$ mm die Federung durch die Last, und höchstens 17 % davon $= 0{,}06$ mm der Federungsverlust ist, an Gesamtverlust 0,41 mm für die totale Zusammendrückung.

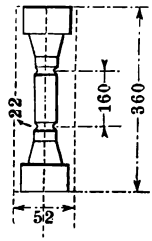
Für ein gehärtetes Gußstück — Hartguß — würde sich in gleicher Weise eine Gesamtdrückung von 0,24 mm ergeben. Daß eine allseitige starke Bearbeitung eines Gußstückes dessen Druckfähigkeiten wesentlich herabmindern kann, ist an den beiden ersten Diagrammen ersichtlich, welche aus demselben Materialstabe sich ergaben. Die Druckfestigkeit war von 78 kg auf 44 kg pro qmm herabgesunken.

Je größer die Zugfestigkeit eines Materiales ist, desto größer ist auch dessen Druckfestigkeit. Bach fand an bearbeiteten 20 mm Rundstäben bei einer Zugfestigkeit von 22,6—25,3 kg pro qmm, die Druckfestigkeit dieser bearbeiteten Stäbe von 81—87 kg wachsend.

II. Die Zugfestigkeit.

Zerreißversuche, welche mit Stäben angestellt wurden, die aus 52 mm starken, stehend gegossenen Rundstäben, wie skizziert, bearbeitet und in Rillen ausgedreht waren, ergaben die absolute Festigkeit pro qmm bei „Hämatitguß“:

grobkörnig, graphitig, zu 8,4—12 kg
feinkörnig, zu . . . . 12—14 kg.



Dahingegen rissen solche Hämatitstäbe, wenn der Schaft roh gegossen blieb und nur die Konusse mit den Köpfen, zum Anschlusse an die Klemmvorrichtung der Zerreißmaschine bearbeitet wurden, nur unmittelbar unterhalb der Köpfe ab, während der dünnere, rohe Schaft eine Festigkeit von 3—4 kg pro qmm mehr zeigte.

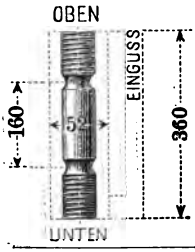
Die Differenz aber, welche für gewöhnliches Maschinengußeisen, bestehend in Deutsch III gattiert mit 50 % Bruch-eisen, erzielt wurde, betrug vielfach 100 %. Die Festigkeit eines Rohgußstückes, gegenüber einem stark bearbeiteten, grobkörnigeren, graphitigeren Gußstücke von demselben Materiale, war also um 10—11 kg pro qmm größer.

Aus dem Gesagten erhellt wiederum, daß eine überaus bedeutende Festigkeits-Verminderung des Gußeisens, durch eine starke Bearbeitung eintreten kann. Weiterhin hat sich ergeben, daß es bei Anwendung von Versuchsstäben nicht gleichgiltig ist, ob dieselben von oben- oder untenauf gegossen werden, soweit dadurch das Gefüge des Eisens geändert wird.

Zum Zwecke der Ermittelung, in welcher Weise eine Veränderung der absoluten Festigkeit für ein und dasselbe Versuchsmaterial, durch die Art und Weise seiner Herstellung, des Gießens, wie auch der Beeinflussung der Bildung von gröberem oder feinerem Gefüge — Korn-eintritt, hat der Verfasser an ca. 80 Versuche ausgeführt, deren Ergebnisse in den folgenden Tabellen niedergelegt sind.

Tabelle der absoluten

bestehend aus 50% Deutsch III



Stäbe stehend und von Untenauf gegossen.

Stäbe von 52 mm Diam. Rohguß

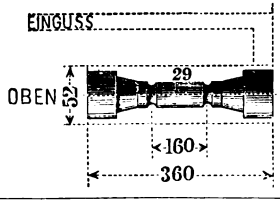
werden

zu 22 mm Diam. Schaftrillen ausgearbeitet.

Bruchfestigkeit Kilo pro qmm.	Versuchsstäbe der verschiedenen Gießtage.
10,0 min. — 10,6 max.	Versuchsstäbe aus einer Pfanne. (Das gattier. Brucheis. war meist Brandeis)
13,1 min. — 14,4 max.	desgleichen aus einer Pfanne.
Differenzen einer oberen oder unteren Festigkeit waren nicht ableitbar.	Alle Bruchflächen zeigten grobes, glänzendes, graphitiges Korn.

Stäbe von 29 mm Diam. Rohguß werden zu 22 mm Diam. Schaftrillen ausgearbeitet.

Bruchfestigkeit pro qmm.		Versuchsstäbe aus einer Pfanne gegossen. Bruchflächen: feinkörnig, dicht, mattglänzend.
Oben	Unten	
14,4—15,5	18,6—18,7	



Stäbe wie Skizze roh vorgegossen.

Schaft von 29 auf 22 mm Diam.

in den Rillen bearbeitet.

Bruchfestigkeit pro qmm.		Für Versuchsstäbe aus einer Pfanne gegossen. Bruchflächen: feinkörnig, dicht, mattglänzend.
Oben	Unten	
Mehr als aus 52 mm gearbeiteten Stab desselben Eisens.		
1,4—2,6	4,2—4,8	

Festigkeit von Gußeisen

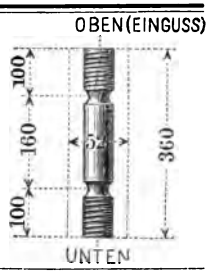
von Phönix mit 50 % Brucheisen.

Stäbe stehend und von Obenauf gegossen.

Stäbe von 52 mm Rohguß

werden

zu 22 mm Diam. Schaftrillen ausgearbeitet.



Bruchfestigkeit Kilo pro qmm.	Versuchsstäbe der verschiedenen Gießtage.
I. 13,4 min. — 14,4 max.	Versuchsstäbe aus einer Pfanne.
II. 13,5 min. — 15,1 max.	Versuchsstäbe aus einer Pfanne.
Die Festigkeit, Oben gegen Unten, betrug bei I: Unten mehr: 0,5—1,0 kg bei II: Oben mehr: 0,5—1,6 kg	Alle Bruchflächen zeigten grobes, glänzendes, graphitiges Korn.

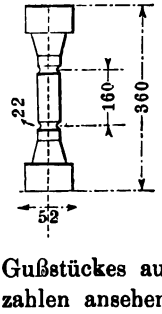
Stäbe von 29 mm Diam. Rohguß werden zu 22 mm Diam. Schaftrille ausgearbeitet.

Bruchfestigkeit pro qmm.		Vergleichsstäbe aus einer Pfanne gegossen. Bruchflächen: feinkörnig, dicht, mattglänzend.
Oben	Unten	
Mehr als aus 52 mm Stab desselben Eisens.		
3,8—6,1	0,7—7,2	

Festigkeit in Stäben gleichen Gusses aus einer Pfanne. 16 Versuche.

Von Unten oder Oben gegossen, von 52 auf 22 Diam. bearbeitet	13,1—15,1 kg pro qmm
29 mm Rohstäbe auf 22 Diam. bearbeitet, wenn:	
Guß von Unten auf { Oberer Schaft	14,4—15,5 „ „ „
Guß von Unten auf { Unterer Schaft	18,6—18,7 „ „ „
Guß von Oben auf { Oberer Schaft / Unterer Schaft }	19,0—20,8 „ „ „

Aus vielfachen Versuchen wurden noch an roh en, stehend gegossenen Kopfstäben nach Skizze, bei welchen nur die Köpfe bearbeitet wurden [1]), hergestellt aus Deutsch III (Phönix) gattiert mit 50 % Brucheisen, die absolute Festigkeit pro qmm:



Unterhalb der Köpfe zu 10,3—12,2 kg
In dem rohen Schafte zu 22—22,8 kg
ermittelt.

Die Festigkeitszahlen, welche sich infolge einer außergewöhnlichen Bearbeitung eines Gußstückes aus der Tabelle ergeben, muß man als Minimalzahlen ansehen, da die Abarbeitung von Stoffmassen, wie solche an den 52 mm starken Versuchsstäben bewirkt wurde, im allgemeinen bei den Gießerei-Produkten nicht stattfindet.

Es ist in bezug auf die beiden Haupttabellen noch zu bemerken, daß die angeführten Festigkeitsdifferenzen, je nach Wahl der Muster und deren Bearbeitung, nur von solchen Stäben hergeleitet sind, welche mit anderen zum Vergleich dienenden Stäben aus derselben Pfanne, also gleichem Materiale herrührten.

Aus den Tabellen und für Gußeisen Deutsch III mit 50 % Brucheisen gattiert, läßt sich für dessen absolute Festigkeit die Regel ableiten, daß bei Anwendung glatter, runder Versuchsstäbe von einer Normalfestigkeit = F, dieselben besitzen, wenn angewendet werden:

a) Vollstäbe von 52 mm Diam., stehend von „untenauf“ oder „obenein“ gegossen, bearbeitet auf 22 Diam. Schaft: Die Festigkeit oben und unten gleich groß = F.

b) Dünnstäbe von 29 mm Diam., stehend gegossen, Schaft auf 22 Diam. bearbeitet:

gegossen von „unten“ { Oberschaft = . . . F.
Unterschaft = . 1,33 F.

[1]) Zu diesem Zwecke waren die Stäbe nach den Rillen ausgerichtet und letztere zur Egalisierung ½ mm überdreht.

gegossen von „oben“ { Oberschaft = / Unterschaft = } . 1,41 F.

c) Dünnstäbe, deren mittlerer Schaft 20 — 22 mm Diam. roh bleibt, in dieser Rohstelle = . 1,6 —(2) F.

Die angeführte Festigkeit von 2 F stellt ein Maximal-Ergebnis dar und wird nur erreicht, wenn durch die Qualität des zum Versuche gewählten Rohmateriales, bei 52 mm starken Rundstäben eine Bruchfläche erzeugt wird, welche von sehr grobkörniger, glänzender, graphitiger Beschaffenheit ist, deren Festigkeit F = 11 kg pro qmm etwa beträgt. Erzeugt eine Materialgattierung ein an sich feines Gefüge und demzufolge eine erhöhte Festigkeit von etwa 14 kg, so nimmt auch die höchste Festigkeitsziffer dem Verhältnisse entsprechend ab — die Differenzen werden geringer — so daß dieselbe in einem solchen Falle, beispielsweise statt 2 F. nur 1,6 F. betragen würde. Bei dichtem, festem, hellfarbigem, drehhartem Walzenmateriale verschwinden dieselben gänzlich.

Tabelle der absoluten Festigkeit von Walzenmaterial zu Schienenwalzen.

Gattierungsmaterial in %			Rohstäbe 80 mm Diam. bearb. auf 20 mm Diam.	
			Material: zäh, hellfarbig, drehhart	
Bessemer grau	Siegener feink.	Walzenbruch	Bruch: kg pro qmm	Versuche
7	23	70	23,9—25,1	3 Schmelzen, 3 Stäbe
11	11	78	22,0—26,5	11 „ 11 „
20	—	80	24,2— —	1 „ 1 „
—	27	73	17,1 [1]) — 28,3 [1])	7 „ 7 „

Eine Elastizitätsgrenze für Gußeisen bei Zuglast nimmt man als nicht vorhanden an, da die federnden Dehnungen desselben den Belastungen nicht proportional bleiben, vielmehr immer größere Werte geben, wie aus den

[1]) Diese Festigkeiten wurden an je einem Stabe beobachtet; die übrigen zeigten durchschnittlich 23,5 kg. Es muß die Probe 17,1 kg wohl von zu weichem Walzenbrucheisen hergerührt haben.

Ermittelungen von C. Bach festgestellt ist[1]). Man kann für gußeiserne bearbeitete Stäbe bei etwa der Hälfte deren Zerreißungsfestigkeit annehmen für:

„Drehhartes Material" von 20—24 kg Bruchfestigkeit pro qmm als:

a) den Dehnungskoeffizienten der Federung, beginnend mit etwa $\frac{1}{1274000}$ und sich vergrößernd in Abstufungen bis zwischen 11 und 14 kg Belastung pro qmm zu $\frac{1}{742000}$ für die Belastungen pro qcm in kg und die Dehnungen und Längen in cm.

b) die zurückbleibende Federung beträgt bei der Entlastung bis ca. 25 % von der Federung.

„Weiches Material" von 14—15 kg Bruchfestigkeit zeigte anfänglich:

a) den Dehnungskoeffizienten zu ca. $\frac{1}{816000}$ und in Stufen bis ca. 8 kg Belastung $\frac{1}{461000}$.

b) beträgt alsdann bis zu 33 % der Federung.

Bleibt ein Gußstab roh, unbearbeitet, und hat 19 oder mehr Kilogramm Festigkeit oder wird ein solcher durch Abschreckung seiner Oberflächen gehärtet zu Hartguß, so ändert sich der Dehnungskoeffizient der Federung: er wird kleiner und zeigt beispielsweise innerhalb einer Belastung von ca. 8 kg pro qmm für „gehärtetes Material" einen wesentlich gleichbleibenden Dehnungskoeffizienten für die Federung von $\frac{1}{1790000}$; für das gleiche unbearbeitete, aber „ungehärtete Material" dagegen schwankt derselbe bis zu einer Belastung von 5,2 kg pro qmm, beginnend mit $\frac{1}{1335000}$ auf $\frac{1}{1172000}$ für cm und kg/qcm.

[1]) Alles Folgende ist aus diesen Veröffentlichungen geschöpft. Siehe: Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingenieure 1899, 1900, 1901, 1902,

Das „gehärtete“ Material lieferte eine bleibende Dehnung von 0—3 % und das „ungehärtete“ von 4—8 % der Federung. — Dasselbe Material (roh 4,6 × 4,6 cm) auf 2,0 cm Diam. bearbeitet und nicht gehärtet, zeigte sich in seinem Verhalten schon ganz anders: die Stufen für den Federungskoeffizienten beginnen mit ca. $\frac{1}{1180000}$ und steigen in Stufe von 12 kg Belastung pro qmm auf $\frac{1}{920000}$, wobei die bleibende Dehnung 0 bis 22 % davon betragen kann. Es ist hieraus ersichtlich, daß, je härter oder auch wenn nur unbearbeitet, ein Material ist, desto geringer seine Längungen und Federungen ausfallen, und daß Hartgußstäbe sich insofern schon dem Schmiedeeisen in ihrem Verhalten nähern, als bei einer gewissen Belastung die Dehnungen und Federungen ungefähr den Lasten sich proportional verhalten.

Die Gesamtverlängerung, die ein Gußstab bei seiner Bruchlast erfährt, nimmt man zu 0,7—0,8 % seiner Länge an, nnd die Querschnittsverminderung zu ca. 0,2 %. — Dagegen betragen für Schweiß- und Flußeisen dieselben im allgemeinen 18—30 % für die Dehnung bei 35—50 % Querschnittsminderung und für Flußstahl (von 66 kg Zugfestigkeit) ca. 16 % an Dehnung bei ca. 38 % Kontraktion. Der Dehnungskoeffizient der Federung beträgt nach Bach etwa für:

	Schmiedeeisen	Flußeisen	Flußstahl	
von ca.	3470	4420	6900	kg Zugf. pro qcm
Federung ca. [1])	$\frac{1}{2100000}$	$\frac{1}{2170000}$	$\frac{1}{2220000}$	für kg und cm
bei ca.	5—10 %	2—3 %	2 %	Dehnungsverlust.

Federung und Dehnungsverlust ergeben die Gesamtlängung.

Die Dehnung von Gußeisen veranschaulicht noch folgende Zusammenstellung:

Gußstäbe, bearbeitet 20 mm Diam., 15 cm lang, ergaben bei Belastung:

[1]) Unterhalb der Elastizitätsstreckgrenze ca. = halbe Bruchlast.

kg Belastung qmm	Millimeter			Materialart Bruchlast kg/qmm
	Federung	Bleibende Dehnung	Gesamtlängung	
11—12	0,336	0,290	0,626	14—15
11—12	0,153	0,030	0,183	20—24
ca. 8	0,193	0,085	0,278	14—15
„ 8	0,106	0,015	0,121	19 gehärt.
„ 8	0,068	0,002	0,070	19 unbearb.

Bei einer Erwärmung des Gußeisens über 300° C erleidet dasselbe an seiner Zugfestigkeit eine mit der Erwärmung zunehmende Einbuße.

III. Die Biegungsfestigkeit.

Die Biegungsfähigkeit wie auch die Biegungsfestigkeit des Gußeisens hängt von dessen Weichheit, Härte, Spröde und vornehmlich von dessen chemischen Bestandteilen ab. Sprödes wie hartes Eisen hat geringe Biegungsfähigkeit, aber meist große Festigkeit, und weiche, aber aus geringen Roheisen-Marken mit reichlich Phosphor und Schwefel hergestellte Gußstücke können befriedigende Biegungsfähigkeit bei geringer Festigkeit ergeben. Die größte Biegungsfähigkeit geben die chemisch reinsten Roheisen-Sorten bei feinkörnigem Gefüge. Wir rechnen hierher: die feinkörnigen Hämatitmarken und deren Gattierungen, besonders mit Eisen- und Stahlabfällen, sowie alle grauen Holzkohlen-Roheisen mit deren Gattierungen zu Feinkorn. Grobkörnige, graphitreiche Gußstücke geben auch hier wieder geringere Zahlen als dünnere Stäbe desselben Materiales, bei welchem die Graphitausscheidung nicht so in die Erscheinung treten konnte infolge der rascheren Erkaltung. Dagegen tritt eine Änderung bei den feinkörnigen und hellfarbigen Gußstücken in letzterer Weise wenig oder allgemein nicht in Erscheinung. Eine geringfügige Überarbeitung der Gußhaut kann eine Erhöhung der Festigkeit von 11—20% zur Folge haben, dagegen größere immer eine Verminderung derselben. Zur

Prüfung eines Gußmateriales wendet man allgemein Prüfungsstäbe von 25—30 mm im Quadrat an bei 1,0 m Freilage.

Aus den Versuchen des Verfassers ergeben sich folgende Verhältnisse:

Material: Deutsch III 50% mit 50% Maschinenbrucheisen Stäbe roh und in Mittel 25 mm □.

Durchbiegungen in der Mitte in Mm. bei 1,0 m Freilage bei Lasten in Kilo von:

Stab Nr.	125	220	250	270	280	288	292	300	313	339	Bruch bei[1] kg pro qmm
I.	7	—	—	—	23	—	Bruch	—	—	—	27,4
II.	9	—	17	—	—	—	Bruch	—	—	—	27,4
III.	6	—	—	—	—	Bruch	—	—	—	—	27.0
IV.	4	—	12	—	—	—	—	—	15	Bruch	29,0
V.	8	—	—	Bruch	—	—	—	—	—	—	26,0
VI.	6	11	—	—	—	—	—	Bruch	—	—	25,6

Die Stäbe waren flach, nur wenig schräg liegend, gegossen, deren genaue Maße in Mitte wurden festgelegt und danach der Bruch berechnet.

Rohstäbe von 20 mm im Quadrat ergaben bei 700 mm Freilage[1]):

aus $^5/_8$ feink. Hämatit mit $^3/_8$ Gießerei-Deutsch II den Bruch pro qmm zu 34,6 kg.

aus $^1/_2$ Englisch III mit $^1/_2$ Ia Brucheisen Bruch pro qmm zu 30,0 kg.

Desgleichen ein andermal Bruch pro qmm zu 26,6 kg.

Desgleichen ein andermal Bruch pro qmm zu 34,8 kg.

Aus den letzteren Ergebnissen kann man nur folgern, daß: Ofengang und die damit zusammenhängende gute Vereinigung einer Gattierung, Koksgüte, Kalt- oder Warmgießen, Feuchtigkeit der Gußform, die Festigkeitsverhältnisse mehr beeinflussen müssen, als es sich durch die Eisengattierung mit Brucheisensorten begründen ließe. Versuche von Bergrat Jüngst ergaben folgende Ergebnisse für:

---

[1]) Berechnet nach $\frac{1}{6}\, b\, h^2 . F = P \frac{1}{4}$ worin P = Last und F = Festigkeit.

Rohstäbe von 30 mm im Quadrat bei 1,0 m Freilage:

Roheisen-Zusammensetzung					Durchbiegung Mitte mm	Bruch pro qmm kg
Graphit	Ges. Kohlenstoff	Silicium	Phosphor	Mangan		
2,89	3,43	1,46	0,93	0,75	17,4	37,26
1,59	2,28	3,07	0,64	0,22	22,0	37,97
Silicium-Eisen mit 9,5 % Silic. und 1,97 % Graphit					7,9	13,25
Weißes Koksroheisen (ohne Gattierung) mit 3,61 % Ges. Kohlenstoff, 3,23 % Mangan, 0,99 % Silic., 0,67 % Phosphor					4,0	14,18
Weißes Holzkohlenroheisen (ohne Gattierung) mit 0,15 % Graphit, 2,92 % Ges. Kohle, 0,67 % Silic., 0,35 % Mang., 0,98 % Phosph.					7,9	24,79

Aus den Versuchen des Verfassers sind bereits bei den Eisengattierungen zu „Spezialguß“ mitgeteilt:

Rohstäbe von 30 mm □ bei 1,0 m Freilänge											
Zusammensetzung der Roheisen-Gattierung										Biegung Mitte mm	Bruch pro qmm
Marken	Graphit	Geb. Kohle	Ges. Kohle	Silicium	Phosph.	Schwef.	Mangan	Kupfer			
Zylinderguß aus 30 % Holzkohleneisen	3,06	0,56	3,62	2,02	0,63	0,06	0,77	0,03		21—26	37—39
Desgl. drehhart 34 % meliertes Kokseisen	2,80	0,56	3,36	1,80	0,55	0,08	0,68	0,04		unbest.	29—32
Desgl. weich aus Hämatit I 30 %, mel. Siegerl. 20 %, Bruch 50 %.										unbest.	26—30
Desgl drehhart	—	—	3,58	1,96	0,52	0,08	0,75	0,04		unbest.	33—36
Holzkohleneisen (kalt erblasen) für: Hartguß, Walzen, Zylinder nach den Händler-Angeboten.										10	37

Zugfestigkeit 25 u. 23 bearb. Stäbe pro qmm kg
21
18
16
19
19

C. Bach fand für Stäbe desselben Materiales, wie Seite 88 angeführt, von 19 kg Zugfestigkeit pro qmm, bei 1,0 m Freilage und ca. 4 cm Stärke im Quadrat, für den Rohguß und Belastung in der Mitte, berechnet nach der Formel: $\frac{1}{6} b h^2 K_b = \frac{Pl}{4}$ worin K_b = Bruchfestigkeit,

Durchbiegung: Stabmuster	Bruch pro qcm kg	Angeh. Last a erzeugt kg pro qcm	Durchbiegung mm	Bleibende Biegung mm	Dehnungs-Koëffizient für Last a
ohne Härtung	3209	2373	6,4	Spur bis 0,5	$\frac{1}{1267000}$
unten gehärtet	3168	2378	5,6	„ „ 0,2	$\frac{1}{1570000}$
oben gehärtet	3312	2378	5,8	„ „ 0,2	$\frac{1}{1475000}$
ob. u. unt. geh.	3530	2320	5,6	nichts	$\frac{1}{1750000}$
Seiten geh.	2130	} Hierfür hatten die Stäbe 60 cm □ bei 50 cm Freilage			

Hieraus ist der große Einfluß von Hartschichten auf die Festigkeit eines Materials ersichtlich und bemerkenswert, daß bei einer Belastung, die bis über $^2/_3$ der Bruchfestigkeit betrug, die angeführten Dehnungskoeffizienten ziemlich dieselben blieben wie bei niederer Belastung, und da fas keine bleibenden Durchbiegungen sich zeigten, mithin auch die Gesamtbiegung für diese Lasten darstellen, wenn man die kleine Abweichung für das ungehärtete Material außer acht läßt.

C. v. Bach fand noch für Rohstäbe von ca. 3 cm im Quadrat mit höchst feinkörnigem Bruche, bei 1,0 m Freilage, wenn das Roheisen mit Eisenabfällen gattiert war, Zugfestigkeiten an bearbeiteten Rundstäben bis zu 24 kg pro qmm und für Biegung der Rohstäbe bis 44 kg bei 32 mm Durchbiegungen; es waren noch diese Biegungen bei halber Bruch-Belastung ca. 10 mm, wovon bei einer Entlastung ca. 9 mm federnd blieben, der Verlust demnach nur 1 mm betrug; für die Ermittelung der Druckfestigkeit dienten bearbeitete Stabstücke von 2 cm Diam. Die Analysen[1]) solchen Materiales hat Bach wie folgt ermitteln lassen:

[1]) Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1901—1902.

Kilo pro qcm			Graphit	gebund C	Gesamt C.	Sil.	Ph.	S.	Mn.	Cu.	Arsen
Zug	Druck	Biegung									
2535	8728	4294	2,79	0,84	3,63	1,22	0,124	0,80	1,93	0,16	0,029
2334	8094	4305	2,91	0,74	3,65	1,13	0,192	0,90	1,53	0.18	0,028
Dagegen ergaben Stäbe anderer Materialgattierungen:											
1435	—	—	2,90	0,66	3,56	1,70	0,48	0,07	0,52	0,08	0.04
2390	—	—	2,63	0,77	3,40	1,39	0,30	0,14	0,85	0,15	0,04

Die Analysen stehen im Einklange mit den vom Verfasser bereits früher in bezug auf Festigkeit mitgeteilten. Man kann die Festigkeitsunterschiede auch noch mit einer künstlichen Gattierung des Roheisens mit Eisen, Stahl etc. erklären.

D. Über die Ursachen der Festigkeits-Änderung.

Eine Erklärung der Ursache der großen Festigkeits-Verschiedenheit des Gußeisens scheint darin gefunden werden zu können, daß man annimmt, die Festigkeit sei abhängig:

a) von der Höhe des Eingusses, also dem Drucke,
b) von der Eigenschaft des Eisens, eine gröbere oder feinere Kornbildung zu erzeugen,
c) von der Härte bei gleicher Kornbildung,
d) von dessen Bestandteilen in bezug auf Verunreinigung durch Phosphor, Schwefel, Kupfer etc., soweit solche Ausscheidungen im erstarrenden Roheisen hervorbringen können, und deren Wanderungen im erstarrenden Materiale.

An Hand der Tabellen kann dann gefolgert werden:

Für Stoffstärken von 52 mm geht die Erstarrung des flüssigen Roheisens so langsam vor sich, daß die verunreinigenden Bestandteile Zeit und Gelegenheit finden, zur höchsten Stelle emporzusteigen, wo sie dann in bezug auf die Festigkeit unschädlich sind. Sodann hat das im Eisen enthaltene Silicium Zeit, die Ausscheidung des Graphites stärker zu bewirken, als bei rascherer Erkaltung möglich wäre, demzufolge das Gefüge bei den gebräuchlichen grauen Gießerei-Roheisen stets grobkörnig und glänzend ausfällt.

Da im Augenblicke der Erstarrung aus dem flüssigen Zustande die Ausscheidung des Kohlenstoffes in Graphit beginnt, so folgt, daß da, wo diese Erstarrung zuletzt erfolgt — also im Innern — die Graphitausscheidung und die Kornbildung auch am regsten erfolgen muß. Eine allseitige starke Abarbeitung eines solchen stoffigen Gußstückes bewirkt daher die Entfernung der dichteren, feinkörnigeren, mehr Festigkeit besitzenden Oberschichten, demzufolge die geringere Festigkeit zeigenden, grobkörnigeren, graphitreicheren Innenschichten übrig bleiben. Die Festigkeit ist gesunken und kann bis 4 kg pro qmm weniger betragen als bei feinkörnigerem Gefüge, bei gleicher Bearbeitung und von demselben Materiale. Erfolgt der Einguß von „unten auf", so erhält der untere Teil, wie beispielsweise der Versuchsstäbe, eine längere Wärmezufuhr als der obere, das bewirkt, daß die Kornbildung unten mehr Anregung erhält als oben, dadurch wird die, durch Druckhöhe in etwa erzeugte Mehrdichte aufgehoben, der Stab ist von gleicher Festigkeit in allen seinen Querschnitten. — Erfolgt der Einguß von „obenauf", so muß auf alle Fälle eine größere untere Festigkeit, je nach der Gießhöhe schwankend, entstehen können.

Für Stoffstärken von 29 mm und Anwendung des gleichen gewöhnlichen Rohmateriales wie vorher geht die Erstarrung rasch vor sich, das Silicium hat keine Zeit, die volle Graphitausscheidung bewirken zu können, es wird mehr Härte und statt groben Kornes ein feines Gefüge gebildet, das den kleineren Querschnitt gleichmäßiger erfüllt. Demzufolge müßte unter allen Umständen die Festigkeit ein bedeutendes Wachstum zeigen, wenn nicht die verunreinigenden Bestandteile dabei in Frage kämen. — Gießt man beispielsweise einen Versuchsstab von „obenauf", so fließt das flüssige Eisen, durch das für den 29 mm starken Stab hergestellte 10 mm große Eingußloch, in die Form herab. Der Strahl, der teils direkt, teils an den Formwänden herabgleitet, gelangt bis zur Oberfläche des ansteigenden Eisens, die darunter liegende Eisenmasse, welche in ihrer Tiefe

Teil, und daß diese äußere Hartschicht die Kräfteanspannungen zuerst in sich aufnimmt, und weil sie weniger nachgiebig, elastischer ist als der weichere Teil, eine Mehrbeanspruchung erleidet und daher früher reißt. Die Beseitigung dieser Einflüsse durch ganz geringe Bearbeitung der Oberfläche erhöht die Festigkeit der Gußstücke pro Quadrateinheit. Schon die Bearbeitung, welche die Gußstücke durch das Putzen in einer Scheuertrommel erfahren, erhöht die Festigkeit derselben, wie vielfach beobachtet worden ist.

E. Festigkeit von Hämatitguß.

Der Hämatitguß und insbesondere dessen Gattierungen besitzen im allgemeinen, für gleiche Kornbildung des Gefüges, dieselbe absolute Festigkeit, wie die anderen, gewöhnlichen Gießereimaterialien und deren Gattierungen. Da jedoch die Hämatite neben selbst der feinsten Kornbildung niemals die Härte anderer Gießereigattierungen annehmen, so ist deren Festigkeit eine beschränktere und für größte Festigkeit vergleichsweise eine geringere. Dieselbe dürfte stets 1,5 bis 2 kg geringer anzunehmen sein. Anders verhält es sich mit deren relativer — Biegungs- — Festigkeit, welche, da das Hämatiteisen ärmer an Verunreinigungen, Phosphor- und Schwefel-arm ist, eine durchschnittlich bedeutend größere ist, als bei jenen. Bedenkt man noch, daß dasselbe infolge seiner Reinheit ruhiger und unbeeinflußter erstarren wird, als andere Gießereieisen, so erklärt sich daraus, weshalb dasselbe von so außerordentlicher Zähigkeit und Sprödefreiheit ist, welche Eigenschaften dasselbe zur Herstellung möglichst Spannung-freier Gußgegenstände, wie insbesondere für Gefäße, empfehlen, welche der Wirkung des Feuers, sowie der plötzlichen Abkühlung, selbst mittelst Wassers, unbegrenzten Widerstand zu leisten vermögen. Diese hervorragenden Eigenschaften haben das Hämatiteisen in den Ruf einer hohen Festigkeit gebracht, obwohl dieselbe, wie gesagt, nur bedingungweise vorhanden ist. Aus den Versuchen des Verfassers ist folgende Tabelle zusammengestellt.

Tabelle der absoluten Festigkeit von Hämatitguß.

Materialgattierung zweier Hämatite in Prozenten		52 mm Rohstäbe, 360 lang, bearb. auf 22 mm D. stehend gegossen kg pro qmm	29 mm Rohstäbe, 360 lang, bearb. auf 22 mm D. stehend gegossen kg pro qmm	Stäbe mit Rohschaft von 22 mm Diam.
Millom III	Deutsch III			
67	33	8,4 höchst grobk.	—	—
50	50	9,1—12,0 „	—	14—15
33	67	12,0 feink.	—	—
16	84	13,0—14.2 „ Differenz für oben oder unten nicht ableitbar	14,7—16,2 zeigten unten bis 0,8 kg Festigkeit mehr	
Ascam III		—	—	19

Relative Bruch-Festigkeit.

Stäbe 1 Meter lang, 25×25 qmm roh	kg pro qmm
Hämatit, feinkörnig, im Mittel	35
Gewöhnl. deutsches Gießereieisen im Mittel .	27

F. Verunreinigung des Roheisens.

Der fremden Beimengungen, welche im Roheisen vorkommen, ist bereits im vorhergehenden gedacht worden, und ist im speziellen darauf hingewiesen, wie daraus sich die Differenzen einer so überaus schwankenden Festigkeit, für die gewöhnlichen Roheisensorten und deren Gattierungen, welche sich in Gußstücken, oben oder unten, insbesondere beim Gießen von „untenauf", gezeigt haben, erklären lassen. Aus den Versuchen des Verfassers hat sich dieses häufig bestätigt gefunden, was hier an Vorkommnissen des Näheren erläutert werden soll.

Bei Feststellung der Festigkeitsdifferenzen kam es häufiger vor, daß ein oder der andere Stab, abweichend von allen übrigen, eine Ausnahme in der Weise machte, daß sich die Festigkeit so gering an einem Ende erwies, daß dadurch eine umgekehrte Skala entstand. Bei genauer Besichtigung war dann an den Bruchflächen eine besondere

307911

Abweichung nicht entdeckbar. Ein besonderer Umstand jedoch führte zur genauen Feststellung von Ursachen. — Bei einer Anzahl Hämatitstäben, vorgegossen auf 29 mm Diam. und durch beide Rillen, wie früher angegeben, oben und unten auf 22 mm Diam. ausgearbeitet, zeigte sich eine Ober- und Unterfestigkeit von 14,7—15,7 kg pro qmm. Da ein Stab bei 13,1 kg abriß, so wurde zur Feststellung der Festigkeit des anderen Endes weitergeschritten; der Stab riß jedoch nicht an der noch vorhandenen Rille, sondern im volleren durch seine Abdrehung noch 24 mm starken Querschnitte, etwa 50 mm tiefer als die Stelle, wo der erste Bruch für 13,1 kg erfolgt war. Die Festigkeit an dieser Stelle betrug 11,6 kg. Nachdem der Stabschaft behufs Einführung in die Presseklemme mit einem neuen Gewinde versehen war, wurde eine weitere Prüfung vorgenommen. Der Stab riß abermals 50 mm tiefer ab, als da wo die letzte Bruchstelle erfolgt war und zwar bei 11,7 kg. Da der Stab zwischen den Rillen nur 160 mm Länge maß, so blieben noch 60 mm Schaft bis zur Rille übrig. Nachdem nun diese Schaftlänge mit einem Gewinde versehen worden war, erfolgte die letzte Prüfung; der Stab riß nun in der Mitte der Rille und zwar bei einer Festigkeit von 16,2 kg. Es waren also auf einer Länge von 160 mm vier Festigkeiten im Stabe aufgefunden worden, nämlich 13,1 — 11,6 — 11,7 — 16,2 kg pro qmm. Dieses Vorkommnis gab Veranlassung zu einer genauen, mikroskopischen Untersuchung der Bruchflächen. Es ergab sich für die ersten beiden Bruchflächen ein etwas mattes Aussehen, besonders gegenüber der letzten, welche tadellos befunden wurde. Die dritte Bruchfläche hingegen zeigte einen rötlichen Schimmer und in Mitte derselben befand sich ein Häufchen kristallinischer, roter Gebilde, in Größe eines kleinsten Stecknadelkopfes und kleiner. Der Verfasser schrieb nun das Verhalten des Stabes einzig diesen Beimengungen zu. Mit einem spitzen Instrumente wurden nun die feinen Kristallbildungen aus der Bruchfläche ausgemerzt und einem bewährten Hüttenchemiker zur Analyse übergeben. Die-

selbe ergab reines Kupfer. Also die früher jedenfalls gelösten Bestandteile des Rohmateriales waren während der Kristallisation, der Erstarrung, ausgeschieden worden und befanden sich im Stabe als Gemengsel. Der rötliche Schimmer war eine Kupferdurchdringung, vielleicht anderer Gemengsel, und diese Verunreinigung hatte zur Folge, daß daselbst die Festigkeit 4,6 kg pro qmm geringer ausfiel, als ein unmittelbar darunter befindlicher Querschnitt reiner Beschaffenheit sie zeigte. Man kann also wohl behaupten, daß Stäbe gleichen Gusses bis 4,6 kg differierende Minderfestigkeit an gleichen Bruchstellen zeigen können, ohne daß eine andere Ursache dafür gefunden werden kann, als in den meist unsichtbaren, mechanisch abgelagerten Verunreinigungen des Materiales. Desgleichen fand der Verfasser in einem sonst auf der Bruchfläche tadellos erschienenen Stabe ein Häufchen grasgrüner Kristalle, welche Kundige für Schlackenausscheidungen erklärten.

VI. Brandeisen[1]).

Gußeisen, welches längere Zeit der Glühhitze ausgesetzt war, bildet feste Oxydschichten auf seiner Oberfläche. Nach und nach zersetzt sich unter diesen Schichten, je nach der Einwirkung der oxydierenden Flamme, das gesamte Eisen in einem solchen Grade, welche bis zu einer Verringerung der Festigkeit führen kann, die man mit „mürbe“ — Brandeisen — bezeichnet.

Je nach dem Grade der Verwandlung zu Eisenoxyd wirken solche Brandeisenmassen bei einer Verschmelzung im Kupolofen nachteilig, weil das vorhandene Eisenoxyd oxydierend auf das Silicium und den Kohlenstoffgehalt der Schmelzmasse wirkt und demzufolge Härte, Sprödigkeit und grossen Abbrand hervorrufen kann.

Versuche des Verfassers mit Brandeisen, welches von den Winderhitzungsrohren eines Hochofens herrührte und infolge der Einwirkung einer mehrmonatlichen Glühhitze entstanden war und beiderseits festhaftende Oxydschichten

[1]) Siehe auch Kap. II: Die Inoxydation des Gußeisens.

von zusammen ca. 18 % des Gesamtquerschnittes gebildet hatte, ergaben für das vom Oxyd befreite Eisen eine relative Bruchfestigkeit von 8,4 kg, die gegen Druck betrug 14,4 kg pro qmm. Das spezifische Gewicht vom Oxyd befreiter Stücke war 6,3, mithin 1 kg gegenüber gesunden Gußeisens zu gering. Der Stahl zur Behobelung eines Stabes konnte keine Späne erzeugen, sondern nur Mehl, und es schien, als sei die ganze Substanz, nur noch Graphitmehl. Die Masse war äußerst weich, fein kristallinisch und mit dem Messer schneidbar. Aus dem geringen spezifischen Gewichte geht hervor, daß sich, neben einer Aufblähung, Substanzen verflüchtet haben müssen, und daß der Graphit geblieben ist, so daß das neue Gebilde, wenn man von einer Blähung absieht, sich zusammensetzt aus:

5/6 Raumteilen gesunder Eisensubstanz von 7,3 spez. Gewicht,
1/6 „ Graphit von 1,0 spez. Gewicht.

Danach bezahlt man in einer Tonne Brandeisen von 6,3 spez. Gewicht $\frac{1000}{6{,}3} \cdot \frac{1}{6}$ = cbdcm à 1 kg = 26,4 kg. Graphit als Eisen. Rechnet man im Mittel noch 18 % Oxydgebilde, so besteht eine Tonne Brandeisen aus:

180 kg Oxydmasse,
26 „ Graphitüberschuß,
794 „ Gesundem Eisen von 7,3 spez. Gewicht,

d. h. der Geldminderwert des Brandeisens beträgt ohne Rücksicht auf sonstige Vorkommnisse beim Umschmelzen, 20,64 % gegenüber dem für gesundes Gußschrotteisen.

Die chemische Analyse der obigen, vom Oxyd befreiten Brandeisenstücke ergab an:

Eisen:	Graphit:	geb. Kohle:	Silic.:	Phosph.:	Mgn.:	Schwefel:
90,91	2,87	Spuren	2,24	0,58	1,78	unb.

Die Winderhitzungsrohre, welchen die Proben entnommen waren, wurden auf einem westfälischen Werke hergestellt, welches zur Zeit ein mindergutes Gießereieisen Nr. III verhüttete.

Der Analyse nach muß der gesamte geb. Kohlenstoff ausgewandert sein und das noch vorhandene Mangan seine

Eigenschaft Kohle zu binden ganz eingebüßt haben. — Durch neuere Versuche scheint festgestellt, daß bei Glühhitze die Verbrennungsluft in die Poren des Gußeisens eindringt, Silicium, Schwefel, Mangan und Phosphor auslaugt und an der Oberfläche verschlackt, und zwar wird das Mangan weniger, Silicium und Schwefel in erheblicherem Maße ausgelaugt, so daß der Glühspan des Brandeisens mehr als das Doppelte des Gehaltes an Silicium und Schwefel enthalten kann, als das ursprünglich gesunde Eisen, und das Mangan dadurch eine erhebliche Vermehrung zeigen kann.

Es folgt aus Vorhergehendem, daß für den Guß der Glühgefäße und -Gegenstände, bei dem dafür gewöhnlich geringen Siliciumgehalt des Roheisens, Phosphor und Schwefel möglichst fehlen sollten, damit eine Auslaugung dieser Stoffe nicht stattfinden kann, zumal eine solche die chemische Verbindung des Eisens mit denselben aufhebt und die daran ursprünglich gebundenen Eisenteilchen als lose Partikels zurückläßt. Dagegen soll reichlich gebundener Kohlenstoff vorhanden sein, damit das Eisen nicht so rasch mürbe wird. — Bedenkt man noch, daß durch eine andauernde Glühhitze das Eisen stark aufbläht, die ursprünglich dichten, innig zusammenhängenden Stoffteilchen weit über ihre Elastizität sich ausdehnen dürften, und infolgedessen darin beharren, so erklärt sich daraus, daß das Eisen — der Guß — seine Festigkeit eingebüßt hat, „mürbe“ und nicht mehr widerstandsfähig ist.

VII. Feuer- und Säuren-Einflüsse auf das Gußeisen.

Den Widerstand gegen chemische Einflüsse ergeben nach Ledebur[1]) folgende Roheisensorten, von welchen im Verlaufe von 65 Stunden unter der Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure, nachstehende Mengen aufgelöst wurden:

Spiegel-	Grelles kohlenarmes-	Graues Holzkohlen-	Koksroheisen I
14,1	19,7	37,7	27,6

Dagegen von Stahl: 66,5 und Eisen: 88,5.

[1]) Eisen- und Stahlgießerei 1901.

Gebundener Kohlenstoff, also Härte, wie auch Mangan erhöhen die Widerstandsfähigkeit, dagegen Schwefel und Phosphor dieselbe verringert. Gegen die Wirkung von Alkalien hat sich ein Zusatz von Nickel, welcher künstlich dem Eisenbade, nach dem Verfahren von Dr. Goldschmidt, beigemischt werden muß, sehr bewährt, wie Seite 29 und unter „Gußveredelung“ näher erläutert ist.

Man wählt zum Gusse gegen chemische Einflüsse die dichteren, hellfarbigen Roheisensorten und zwar mehr oder weniger, je nachdem die Spröde, welche diesen Eisensorten anhaftet, sowie eine eventuelle rasche oder langsame Erkaltung im Gebrauche selbst, Temperaturdifferenzen in den Gußstücken erzeugt, welche einen zu berücksichtigenden Einfluß ausüben.

Es soll das Fernhalten der im geschmolzenen Eisen gelösten Gase, das Austreiben derselben aus dem Schmelzbade — der Gießpfanne — durch künstliche Mittel, die Dichte und daher auch die Widerstandsfähigkeiten der Gußstücke insofern erhöhen als bei langandauernder oder hoher Temperatur (Glühgefäße) diese gelösten Gase chemische Verbindungen eingehen können. Aus diesen Gründen ist auch der Guß aus dem Flammofen ein geeigneter als der Kupolofenguß, da bei demselben weniger Gase im Eisenbade gelöst bleiben. Die Wahl der Gattierung zu säurebeständigen Gefäßen soll daher wenig Phosphor — unter 0,5 % — wenig Schwefel — unter 0,05 % — Kohlenstoff 3—3,7 % und dabei Silicium und Mangan in etwa gleichem Verhältnisse wie 1,5 zu 1,5 % oder ähnlich enthalten und kann der gebundene Kohlenstoff über 1,5 % erreichen.

Das Eisen muß von Kupfer frei sein und der Schmelzkoks muß möglichst schwefelfrei sein, höchstens darf er 0,8 % enthalten, denn die Hälfte der vorhandenen Schwefelmenge geht in das Schmelzeisen über, mithin bei Verwendung von 10 % Koks, reichert sich das Eisen um 0,04 % des Roheisengewichtes an. Es gibt Kokse, welche bis 1,92 % Schwefel enthalten und können damit die besten

Gattierungen durch den Kupolofenprozeß verschlechtert werden.

Infolge von chemischen Wirkungen auf ein Gußstück ist es ein Haupterfordernis, daß das Gattierungsroheisen gleichmäßig geschmolzen und absolut gemischt zum Abgusse gelangt; es sind daher Zusätze von Eisen- oder Stahlabfällen zu vermeiden, wenn dieselben nicht mit großer Überhitzung niedergeschmolzen werden können, im anderen Falle ist das Eisenbad künstlich in seiner Temperatur zu erhöhen, was bei der Verwendung von Titanthermit um mehrere hundert Grad erfolgt, wodurch eine denkbar innigste Mischung des Eisenbades bewirkt wird und alle darin enthaltenen Oxydverbindungen gelöst und die darin enthaltenen Gase ausgetrieben werden.

Hat man ein Schmelzbad, dessen chemische Zusammensetzung durch Verminderung von Kohlenstoff, Silicium und Mangan durch Zusatz von 20—25 % Eisen- oder Stahlabfälle, in ein solches für chemische Zwecke geeignetes, von über 1 % gebundenen Kohlenstoff bei 3 % Gesamtkohlenstoff, 1,2 % Silicium bei 1—1,2 % Mangan, mithin in festes, dichtes, drehhartes Material, umgewandelt werden soll, so ist die Anwendung von „Thermit-Eisen“ — siehe „Gußveredelung“ — eine gebotene, an Stelle des direkten Niederschmelzens dieser Abfälle im Kupolofen. Aus dem „Thermiteisen“ schmilzt aus einer kleinen Pfanne, welche über dem Eisenbade der Gießpfanne aufgehangen sein kann, in wenigen Sekunden oder Minuten nach dem angeführten Verfahren von Dr. Goldschmidt reines Eisen aus und zwar bei einer Temperatur von 3000° C. Wird dieses „Thermiteisen“ in das Eisenbad der Pfanne abgelassen, so erhöht sich in unserem Falle das Eisenbad um etwa 500° C. und es bedarf nur einer Umrührung, um eine innigste Mischung hervor zu bringen.

In welcher Weise Roh- und Gußeisen der Einwirkung von Schwefelsäure widerstehen, hat der Verfasser an folgenden Eisensorten feststellen lassen. Es dienten zur Untersuchung:

Sorten	Graphit	Geb. C.	Ges. Kohle	Silic.	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer
Luxemburger Roheisen	3,00	0,40	3,40	2,00	1,70	0,02	0,55	unb.
Weißeisen zur Stahlfabrikat.	1,00	3,10	4,10	0,60	0,10	0,06	6,00	„
Duisburg. K. H. grau	3,00	0,70	3,70	1,30	0,05	0,03	0.35	0,16
Zylinderfutter, drehhart	1,90	1,30	3,20	1,40	0,90	0,10	0,70	unb.
Westfäl. Hämatit I	3,30	0,60	3,90	2,75	0,07	0,02	1,10	0,02

Die Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf die verschiedenen Eisensorten während 13 Stunden bei 14° C Temperatur hatte folgendes Ergebnis:

Sorten	Einwage	Rückstände	Gelöst in %	Die Rückstände
Luxemburger Roheisen	Je	0,444	88,9	waren vor dem Abwägen bei 110° C getrocknet.
Weißes Stahleisen	4,0	1,650	58,7	
Duisburg. K. H. grau	Gramm	0,317	92,0	
Zylinderfutter, hart		0,273	93,1	
Westf. Hämatit I		0,215	94,6	

Die zerkleinerten Proben waren mittelst eines feinen Siebes von ca. 250 Maschen pro qcm abgesiebt, um eine Gleichförmigkeit zu erzielen und betrugen je 4 Gramm. Die Lösungssäure bestand aus verdünnter Schwefelsäure von 1 Teil konzentrierter Säure mit 12 Teilen Wasser gemischt; für jeden Versuch in gleicher reichlicher Menge. Das spezifische Gewicht der verdünnten Säure betrug 1,10.

Es ist aus der Tabelle ersichtlich, daß die Widerstandsfähigkeit gegen Säurewirkung von einem hohen Mangangehalte bei niedrigem Silicium- und Schwefelgehalte abhängig ist, so daß die Gußstücke hellfarbig, meliert oder weiß im Bruche erscheinen. Da diese Fähigkeit auch bei der Anwendung von Nickel zum Eisenbade, insbesondere für den Widerstand gegen Alkalien auftritt, so ist es wahrscheinlich, daß die Austreibung und Lösung der im Eisenbade gelösten Gase dabei eine große Rolle spielen, da Mangan wie Nickel diese Eigenschaften besitzen. Wie unter „Gußveredelung“ besprochen ist, bewirken 0,5 % Nickelzuführung in ein Eisenbad eine Erhöhung des Gußeisens gegen die Wirkung von Alkalien um 66 %.

Der Widerstand gegen Temperaturdifferenzen ist, wie schon früher erwähnt wurde, in höchstem Maße nur dem „reinen“ Hämatitgusse eigen. Gegenstände aller Art daraus hergestellt, bersten, selbst in glühendem Zustande mit Wasser abgespritzt, nicht. Die Anwendung solcher Güsse besonders zu Säulen, wie auch zu Gegenständen, welche bei Feuergefahr in der Hitze reißen und springen, wodurch manche Gefahren hervorgerufen werden können, ist nur zu befürworten, zumal der Preis des Materiales nur ein wenig höherer ist, als der anderer Marken, in der Regel Mk. 5 bis 10 pro Tonne.

Kommt es weniger auf Temperaturdifferenzen an, und sollen gußeiserne Gegenstände nur einer anhaltenden Feuerwirkung guten Widerstand leisten, so daß sie auch infolge ihrer Formgebung eine gewisse Härte und auch Spröde besitzen können, wie die Glühgefäße und Roststäbe, so muß man solche Marken wählen, welche viel gebundenen Kohlenstoff in erster Linie enthalten, bei wenig Silicium und Mangan wie auch möglichst wenig Schwefel. Selbst gewöhnliches Koksroheisen Nr. III, welches infolge schlechten Ofenganges entkohlt niederschmilzt, verursacht durch die Einwirkung der Gebläseluft, erreicht hohe Widerstandskraft gegen Feuerwirkung. Ungemein zerstörend wirkt das Feuer einer stark schwefelhaltigen Kohle auf das Gußeisen, da es dasselbe erfahrungsgemäß schnell verschlackt. Die Fremdkörper im Eisen scheinen weniger der Feuerwirkung schädlich zu sein, wenn Vorkommnisse, wie solche durch Temperaturdifferenzen vorkommen, ausgeschlossen bleiben, denn das daran reinste Eisen, das Hämatit, ist für diese Fälle ohne Gattierung das schlechteste Material. Es ist zu weich, infolge seiner Reinheit und verhält sich dann wie Schmiedeeisen; es sei denn, daß bei hohem Mangangehalte auch reichlich geb. Kohlenstoff vorhanden wäre, dann heißt das Hämatit aber „Bessemereisen“. In großen Destillationskesseln hat Verfasser in den tiefsten Stellen, welche dem Feuer am nächsten liegen, große und tief herabhängende Beulen beobachtet, ohne daß dieselben gerissen

waren, wenn zum Gusse reichlich gutes Hämatiteisen in Anwendung kam.

Welche Temperaturdifferenzen der Hämatitguß vertragen kann, darüber gibt ein Patentverfahren Auskunft. Danach halten gußeiserne Gefäße aus Hämatit, wie solche als Kokillen zum Eingusse von Stahlblöcken in Anwendung sind, zwei- bis dreimal so lang, wenn dieselben sofort, nach jedesmaligem Gebrauche, in völlig heißem Zustande in einem kalten Wasserbade vollkommen abgekühlt werden.

In welcher Weise im Gußeisen durch Wärmeeinfluß eine Wanderung dessen chemischer Bestandteile von innen nach außen erzeugt werden kann, wie diese alsdann verschlacken, zeigt folgende Analyse eines Heizrohres von 30 mm Wandstärke und von beiderseits 3 mm starken Oxydschichten:

Ort	Phosphor	Silicium	Mangan	Schwefel
Aus der Mitte	0,996	2,02	0,84	0,086
Unterhalb der Oxydschichten	0,992	2,27	0,72	0,064
In den Schlackenschichten	unbest.	2,92	0,80	unbest.

Die Änderung kann nicht allein durch eine oxydierend wirkende Flamme hervorgerufen werden, sondern schon durch einfache Wärmewirkung, wie bei großen, stoffigen Richtplatten der Kesselschmieden. Das fortwährende Hantieren auf denselben mit glühenden Eisenteilen bewirkt allmählich ein Abblättern derselben in großen, fast scharf begrenzten Schichten, welche infolge von Erschütterungen durch die Hammerschläge gelöst werden und aus mürben Oxydschichten bestehen.

Daß auch die gewöhnliche Erstarrung des Eisens die Eisenschichten ändert, ist bekannt, schon in den Mitten der Gußstücke findet sich mehr Graphitablagerung und weniger gebundener Kohlenstoff als außerhalb derselben. Silicium soll die Neigung haben, im Gußstücke sich unten mehr anzusammeln als oben und Schwefel mehr oben als unten, so daß in einem Gußstücke oben 0,11 % unten 0,08 % Schwefel enthalten sein können; auch soll während einer

Schmelzzeit das erste Kupolofeneisen weniger Silicium aber mehr Schwefel enthalten als zuletzt.

Über die Bewegung der Elemente in Stahlblöcken[1]) bei langsamer Abkühlung, deren Herstellung in einer Lehmguß-Form erfolgt war, hat sich bei einer Höhendifferenz von oben gegen unten von 1,55 m folgende Tabelle ergeben:

Stoffe	Oben	Unten	
Eisen	98,304	99,038	Die absoluten
Gebund. Kohle	0,760	0,350	Festigkeiten waren
Silicium	Spuren	Spuren	dementsprechend
Schwefel	0,187	0,044	oben und unten
Phosphor	0,191	0,044	sehr verschieden,
Mangan	0,558	0,514	wie 5 : 7.

Eine Prüfung von Blöcken über die Verteilung der Stoffe von innen nach außen eines oberen und unteren Querschnittes ergab:

Ort	Oben			Unten		
	Geb. Kohl.	Schwefel	Phosphor	Geb Kohl.	Schwefel	Phosphor
Außen	0,44	0,032	0,044	0,44	0,048	0,060
Innen	0,77	0,187	0,142	0,37	0,044	0,052

Werden solche Stahlblöcke in gußeisernen Kokillen gegossen statt in Lehm-Form und somit einer raschen Abkühlung unterworfen, so sind die Änderungserscheinungen von oben gegen unten nur geringe.

VIII. Schwindmaße, Lunkern, Schwimmen.

Mangan und gebundene Kohle erhöhen, während Graphit und in geringerem Maße auch Phosphor die Schwindung erniedrigt; daher auch ein langsam abkühlendes Gußstück, infolge der größeren Graphitausscheidung, weniger schwindet, als ein rasch kühlendes. Massive Gußstücke von Querschnitten von über 10 × 10 cm, welche aus

[1]) Aus Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1882.

starren angenommen werden, daß alle gewöhnlich hergestellten Gußstücke im Roheisenbade schwimmen und nur deren Schwimmhöhe im Eisenbade bis zur Auflösung derselben eine verschiedenartige ist, und daß Gußstücke aus besonderen Roheisensorten hergestellt, bei großer Graphitausscheidung sofort ein großes Schwimmvermögen besitzen. Da der Graphit ein größeres Volumen einnimmt, als im Eisenbade gelöster Kohlenstoff, woraus er hervorgeht, so bedingt auch der Gehalt eines Gußstückes an Graphit und eines Eisenbades an gelöstem Kohlenstoff, den Grad der Tauchbarkeit der ersteren und deren Schwimmstärke.

Gießt man aus grobkörnigem Hämatiteisen Kugeln von etwa 70 mm Diam. in eisernen Kokillen, so daß dieselben eine Hartschale erhalten und rasch erkalten, mithin nicht an erheblicher Graphitausscheidung leiden und taucht dieselben in ein ebensolches flüssiges Hämatiteisen, so tritt ein erstaunliches Schwimmvermögen derselben in Erscheinung. Erwägt man weiterhin, daß ein gegossener Gegenstand stets ein Nachgießen und eventuell ein Nachpumpen erfordert bis die Erstarrung eingetreten ist, so ist daraus ableitbar, daß ein erkaltetes Gußstück meistens mehr Dichte besitzen muß, als das flüssige Eisen. Es reicht mithin die vorher gegebene Erklärung für das Schwimmen kalter Gußstücke auf einem Eisenbade nicht aus: es müssen noch andere Gründe vorhanden sein, um ein oft erstaunliches Schwimmvermögen zu erklären. Diese können nach der Meinung und Versuchen des Verfassers nur darin gefunden werden, daß man eine mechanische Hilfskraft dafür annimmt. Letztere kann aber nur in den mehr oder weniger in einem Eisenbade auftretenden Reaktionen, vom Boden nach der Oberfläche des in einer Gießpfanne befindlichen flüssigen Eisens, begründet sein. Wer einmal die erstaunliche Reaktion gesehen hat, welche ein ganz geringfügiges Einbringen von Titanthermit in ein Eisenbad hervorbringt, welche Masse von Gasen bis 10 und 15 cm Höhe allenthalben minutenlang hellleuchtend ausströmen, der kommt zur Überzeugung, daß auch stets ohne künstliche Re-

aktion ein unsichtbarer Gasaustrieb injektorartig nach oben allenthalben im Bade vorhanden ist. Dieser Auftrieb muß naturgemäß die Schwimmfläche, also die auf dem Eisenbade ruhende größte Querschnittsfläche eines Körpers treffen, und das Schwimmen desselben befördern. Treffen die Schwimm-Momente zusammen, also ein graphitreiches kaltes Eisenstück mit einem starken Gasauftrieb eines Eisenbades, so muß das Schwimmvermögen eines solchen Gußstückes ein ganz erstaunliches sein.

Die Verlängerung eines gußeisernen Stabes von gewöhnlicher Temperatur durch eine Erwärmung bis auf 700° C. nimmt man zu 1 % seiner Länge an und für geringere Erwärmung damit im Verhältnis stehend, jedoch etwas fallend, so daß eine Erwärmung auf 250° etwa 0,28 % der Länge beträgt. Eisen und Flußstahl verhalten sich ähnlich [1]). — Die Festigkeiten des Gußeisens verlieren in einer Temperaturerhöhung, so zeigten nach Bach [2])

Stäbe bei	20°	400°	570° C.
Zugfestigkeit	23,6	21,7	12,3 kg pro qmm.

Die benutzten, bearbeiteten Rundstäbe von 2 cm Diam. hatten im Mittel 3,6 % Ges. Kohlenstoff — 0,8 % geb. Kohlenstoff — 1,73 % Mangan — 1,17 % Silicium — 0,17 % Kupfer — 0,08 % Schwefel — 0,15 % Phosphor.

IX. Schmelztemperatur, Gießfähigkeit.

Der Schmelzpunkt des Roheisens hängt von dessen Zusammensetzung ab; je reiner an fremden Stoffen dasselbe ist, desto höher liegt derselbe. Hoher Graphitgehalt erhöht, gebundene Kohle und hoher Siliciumgehalt sowie ein gewöhnlicher Mangan-, Schwefel- und Phosphorgehalt erniedrigt denselben.

Man nimmt als Schmelztemperatur an, für

Weißeisen 1050—1150° C bei dem Wärmeaufwand von 239 Einh.
Graues Eisen 1150—1250° C „ „ „ „ 245 „
Flußeisen: 1300° C, Reines Schmiedeisen 1500° C bei 300 Wärmeeinheiten.

---

1) Dittenberger, Zeitschrift des Vereins deutscher Ing. 1902.
2) Desgleichen Bach 1901.

Zu beachten bleibt, daß jeder Schmelzbarkeit auch eine gewisse Temperatur eigen ist, woraus aber nicht hervorgeht, daß auch die dazu benötigte Wärmemenge dieser entsprechen muß, denn es schmilzt:

Blei bei 330° C und erfordert 16 Wärmeeinheiten
Silber bei 960° C „ „ 77 „

Die Menge der Stoffe und deren physikalische Eigenschaften dürfen auch beim Schmelzen von Roheisen in Betracht kommen, denn es ist beobachtet worden, daß hartes Eisen eine höhere Schmelztemperatur erforderte, als weiches von gleicher Zusammensetzung und höherem Kohlenstoffgehalte.

Zum Vergießen des geschmolzenen Eisens und dem großen Wärmeverluste dabei, bedarf es einer Überhitzung desselben zu einer gewissen Dünnflüssigkeit. Der Verbrauch an Wärmemenge zur Erreichung dieses Zweckes muß aber ein verschiedener davon sein, als sich nach der Schmelzbarkeit ermessen läßt, denn auch hier will man beobachtet haben, daß für die erforderliche Dünnflüssigkeit das graue wie das weiße Eisen, keine Brennmaterialersparnisse geben, was insofern richtig ist, als ohne Mehraufwand an Brennmaterial das weiße Roheisen nicht so dünnflüssig wird als graues. Man kann daher zur Erzeugung von Gußwaren allgemein den Verbrauch an Schmelzkoks für das weiße wie für das graue Roheisen als gleich hoch annehmen.

Das Gattierungseisen, welches man im Kupolofen für die verschiedenen Verwendungszwecke niederschmilzt, muß daher einen viel höheren Wärmeaufwand erhalten, als oben für die Schmelztemperatur angegeben ist. Viel Wärmeverluste, besonders für Poterie und Feinguß, bringt eine gewisse Überhitzung zur Erzielung guter Flüssigkeit derselben hervor und hat man im Mittel 280 Wärmeeinheiten gefunden, als Erfordernis um 1 kg Roheisen von 0° C. gießfertig zu schmelzen. Im Winter und bei gefrorenen Materialien liegt die Ziffer noch viel höher. Für rechnerische Zwecke werden 300 Wärmeeinheiten angenommen.

Weiches Eisen kommt später in Fluß und braucht mehr Zeit zum Schmelzen als hartes, ein Umstand, der wohl zu berücksichtigen ist und bei Gattierungen eine mechanische oder künstliche Mischung des Schmelzproduktes rätlich macht.

Für den gewöhnlichen Kupolofenbetrieb kann man allgemein annehmen, daß eine Roheisengattierung von 1,5 bis 3 % Silicium noch gut gießbar ist, und weiche Gußstücke liefert, wenn der Mangangehalt derselben 0,7 % nicht übersteigt, der Gesamtkohlenstoff 3,5—3,9 % und der gebundene nicht über 0,3 % im Mittel enthält, vorausgesetzt, daß der Phosphorgehalt etwa 0,7 % beträgt, und der Schwefelgehalt 0,025 % nicht übersteigt. Wächst der Gehalt an Schwefel, so muß auch Silicium oder Phosphor steigen, um ein Hartwerden zu verhindern, denn der letztere wirkt zwar auf Festigkeitsverminderung, aber er macht das Eisen lose, mürbe und wirkt daher dem Schwefel, welcher Härte und gebundene Kohle erzeugt, entgegen. — Ein Siliciumgehalt von 4 % macht das Eisen schon dickflüssig, gleichwie der Schwefelgehalt 0,08 % im Roheisen nicht übersteigen soll, da durch den Schmelzprozeß sich ohnehin schon eine Anreicherung des Schmelzgutes aus dem Schwefel des Kokses von in der Regel 0,04—0,06 % des Roheisengewichtes vollzieht.

Roheisengattierungen für gute Gießbarkeit und gute Festigkeit enthalten im Mittel:

Eigenschaft	Ges. Kohle	Geb. Kohle	Silicium	Phosphor	Schwefel	Mangan	Kupfer
Drehhart, fest	3,56	0,58	1,83	0,52	0,08	0,81	0,04
Allgemeinguß, weich	3,70	0,40	2,30	0,50	0,06	0,77	0,04

Da man annimmt, daß ein Teil Schwefel soviel wie 10 Teile Silicium wirkt, so ist es erklärlich, daß beim Sinken des Siliciumgehaltes auch der Schwefelgehalt verhältnismäßig sich vermindern muß.

X. Garschaum-Ausscheidungen und dichter Guß.

a) Garschaum ist eine Ausscheidung von Graphit aus dem Eisenbade dessen Temperatur durch Abkühlung, besonders an der Oberfläche, sich erniedrigt hat, da bei der hohen Temperatur des Niederschmelzens kein Graphit in demselben enthalten ist und sich darin nur in Lösung als gebundener Kohlenstoff befindet. Der Garschaum zeigt sich insbesondere da, wo das Eisen reich an Silicium und Kohlenstoff ist, und das Silicium seine Eigenschaft Kohlenstoff meist als Graphit auszuscheiden, schon vor der Erstarrung geltend macht.

b) Wanzenbildung auf dem Eisenbade nennt man die Entstehung kleiner dunkler Schwimmkörper. Es sind Ausscheidungen des Eisens, welche an der Luft oxydieren und sich durch schwärzliche Farbe kennzeichnen. Dieselben sind stets reicher an Silicium und Mangan, Schwefel und Phosphor als das Muttereisen. Es rechnet hierher auch die Verbindung von Mangan mit Schwefel zu Schwefelmangan, welche auf dem Eisenbade schwimmt und darin unlöslich ist. Ähnliche Bildungen — Ausscheidungen — kommen auch im erstarrenden Roheisen und auch in den Gußstücken vor; sie erzeugen daselbst Drusenräume, welche mit Kristallen und im letzteren Falle mit Kügelchen angefüllt sind.

c) Kügelchenbildung kann ganz gleichmäßig an einem Gußstücke erfolgen, so daß dieselben fein und verteilt sich allenthalben an der Oberfläche eines Gußstückes befinden können. Es können sich auch infolge von Gasentwickelung beim Abstiche des flüssigen Eisens in die Gießpfanne reichlich Spritzkügelchen entwickeln, welche beim Gießen zum Teil in die Form gelangen. Sie lösen sich meist beim Einfallen in die Gießpfanne wieder vollständig auf; andere, welche von der Pfannenwand unaufgelöst in die Form gelangen, verschmelzen sich nachträglich teilweise oder ganz wieder mit dem flüssigen Eingußeisen; sie bilden keinerlei Drusen oder Hohlräume und sind daher

ungefährlich, zumal sie auch keine besondere Härte zeigen. — Dagegen findet man häufig in den Gußstücken aus geschwitzte Nester von Kügelchen, stets umgeben von einer Hohlstelle, und zwar sowohl in Mitte der Gußstücke als Druse, oder an deren Oberflächen, wo dieselben in offenen Hohlräumen von bisweilen 25 qcm Größe oft in größerer Anzahl sich befinden können. Diese Nester können nur mit einer gewissen Zusammensetzung des Roheisens und den daraus sich ergebenden physikalischen Eigenschaften während des Erstarrens in Verbindung gebracht werden. Das Roheisen, welches diese besondere Eigenschaft der Nesterbildung besitzt, zeigt sich schon beim Abstiche in die Gießpfanne durch ungemeine sprühregnende Funken- und Kügelchenbildung aus. — Nach den Ansichten des Verfassers haben diese Bildungen mit gewissen Roheisensorten als eigentümlich nicht das geringste zu tun; die Gebilde kommen in den reinen nicht gattierten Hämatitgüssen ebenso vor, wie bei anderen Güssen. Ihre Entstehungsweise im erstarrenden Gußstücke ist eine so intensive und an irgend einen Ort beschränkte, daß selbst Gießhöhen bis über ein Meter Druck, weder die Druse noch die Kügelchen zum Steigen bringen. Sie können daher auch nur örtlich und bei der Erstarrung sich bilden. Verfasser gibt dafür folgende Erklärung:

Die Eigenschaft der Bildung der Kügelchen-Nester wird wahrscheinlich dem Roheisen im Hochofen dadurch beigebracht, daß fremdartige Produkte demselben zugeführt und mit den Erzen niedergeschmolzen werden. Diese Zusätze bestehen wahrscheinlich in den Oxydeisen (Eisenspänen), aus den chemischen Fabriken, insbesondere den Farbenfabriken Badens und Westfalens, die in großer Menge von den Hochofenwerken verhüttet werden. Viele Hochöfenwerke verwerten dieses Eisenoxyd gleichmäßig im Jahreslaufe und dann dürften die Erscheinungen wenig oder gar nicht auftreten, häufig werden aber ganze Abschlüsse in diesen Spähnen auf einmal oder in einem kurzen Zeitraume bezogen und die Hochöfen damit besonders gefüttert. Wer

von diesem Futtereisen seine Bezüge empfängt und nicht durch besondere Gattierungen die Eigenschaften desselben abmindert, der kann mit der größten Bestimmtheit darauf rechnen, daß jene Ausschwitzungen in den damit hergestellten Gußstücken auftreten. In welcher Masse diese, im Handel als Oxyde angebotenen Spähne, pro anno verhüttet werden, kann man daran ermessen, daß deren in Rheinland und Westfalen: fünftausend Doppellader — 50 000 Tonnen — zur Verhüttung gelangen; und Fälle vorkommen, wo wochenlang 60—100 Tonnen täglich einem einzelnen Hochofen zugeführt werden. Ob nicht auch andere Vorkommnisse bei der Beschickung der Hochöfen diese Nesterbildung von Kügelchen hervorbringen können, ist dem Verfasser nicht bekannt. Das Auftreten dieser Erscheinungen in seinem Betriebe während einer Reihe von Jahren in reinem Hämatitgusse, immer in ein und demselben Monate, während in den anderen Monaten dieses bei demselben Eisen nicht der Fall war, hat ihn zur Nachforschung angeregt und die obige Erklärung als die richtige erscheinen lassen.

Die Analyse solcher Kügelchen hat nichts Besonderes ergeben, da dieselben 0,066 % Schwefel und 0,071 % Kupfer enthielten, welche Mengen in dem Hämatit-Muttereisen auch enthalten gewesen sein dürften.

Wie bereits Seite 29 des näheren erläutert ist, kann auch das Kupfer in stark kupferhaltigen Gußstücken in Nestern ausschwitzen; nur besteht diese Ausschwitzung nicht in runden Kügelchen, sondern in lang gestreckten tropfartigen Gebilden, welche auf- und nebeneinander gelagert sind, ohne sichtliche Verbindung mit dem Gußstücke selbst. Die Analyse solcher Kupferschwitzungen ergab: Kupfer 96 %, Zinn 0,94 %, Eisen 0,40 %, unermittelt 2,63 %. — Daß der Schwefel hierbei eine große Rolle gespielt habe, ist nicht anzunehmen, da die Gußstücke, welche diese Erscheinung zeigten, zur Hälfte aus Hämatit mit 0,15—0,2 % Kupfer und zur Hälfte aus gutem Bruch-eisen mit Stahl-Schienenabfällen gattiert, erzeugt waren.

Daß ansonst der Schwefel bei Vorhandensein von Kupfer viele Spritzkügelchen erzeugen kann, ist bei der Verwandtschaft des Kupfers mit Schwefel anzunehmen, jedoch verschmelzen solche Kügelchen wieder mit dem in die Gußform nachfließenden Eisen entweder ganz oder doch so, daß sie damit zum größten Teile verbunden, verschmolzen sind; sie sind daher der Brauchbarkeit eines Gußstückes wenig gefährlich. Diese Kügelchen entstehen durch Spritzen des aus dem Kupolofen austretenden Eisens in die Pfanne und sind daher nur Spritzkugelbildungen, während die Nester bildenden Kügelchen, wie auch die Kupfergebilde reine Ausschwitzungen in den nach dem Gießen erstarrenden Gußstücken sind, also „Schwitzkügelchen“ im Gegensatze zu „Spritzkügelchen“.

Bei dem Eisen, welches beim Abstiche in die Pfanne die Schwitzkügelchen erzeugt, treten, wie bereits vermerkt, stets die „Spritzkügelchen“ in Menge auf. Eine direkte Beteiligung des Mangangehaltes im Roheisen scheint dabei nicht der Fall zu sein, da in gleichem sehr stark manganhaltigen Hämatit-Eisen nur zeitweise vom Verfasser diese Kügelchenbildung beobachtet werden konnte. Die Nester mit Kügelchen bis 5 mm Diam. groß, können ganz an der Oberfläche an Kerneinlagen sich befinden und dann ist das Gußstück unbrauchbar, befinden sie sich im Innern dann — sieht man sie eben nicht. Eine Analyse des besprochenen Oxydeisens findet sich Seite 14.

d) Nieren im Gußeisen sind harte Stellen, welche sich bei der Bearbeitung zeigen und oft sehr schmal aber langgestreckt, oft nur kleineres Korngebilde sind und sehr lästige Erscheinungen bilden. Die Güte eines Gußstückes an und für sich benachteiligen sie nicht, da sie damit innigst verbunden, verschmolzen sind. Man kann annehmen, daß sie sich infolge einer schlechten Vermischung der Roheisengattierungen und nicht heißen Ofenganges gesondert erhalten und dadurch der Auflösung und Vermischung im Eisenbade sich entzogen haben. Verfasser hat diese Hartstellen besonders dann beobachtet, wenn in dem Brucheisen-

zusatze des Schmelzgutes sich Stahlguß, Temperguß oder stahlartige Hartgußteile befanden, welche aus Versehen zur Schmelzung gelangten, ansonst dieselben nur zu untergeordneten Gußstücken mit verwertet werden sollten.

e) Müllstellen kommen ebenfalls häufig an Gußstücken vor und zwar sowohl bei stoffwandigen, senkrecht glatten Wandungen, bei hohen Gießhöhen, wie auch sonst an körperlichen. Sie können ebenfalls wie die Kügelchen ihre Entstehung vom erstarrenden Eisen erhalten, denn sonst müßten diese Fleckengebilde als auf dem Eisen schwimmend in die Form gelangt sein. Von diesen Schwammgebilden ist hier jedoch nicht die Rede; dieselben würden auch in der Form so lange hoch steigen, bis ein Hindernis sie festhielte. Die Müllstellen, welche hier gemeint sind, rühren nicht davon her. Diese verdanken ihre Entstehung nur den Vorherden. Wird ein Vorherd neu ausgebessert, was in der Regel mit erheblicher Masse fetten gewöhnlichen Formsandes, besonders im Herdboden erfolgt, so erhalten die ersten Güsse, welche aus einem solchen Vorherde abgestochen werden, wenn dieselben starkwandig sind, fast stets jene Müllstellen, auch wenn das Eisen noch so rein und ohne jeden Unrat in die Form gelangt. Man soll daher stets die ersten 1500 kg geschmolzenes Eisen, wenn dasselbe, wie bei kleineren Vorherden, vor und nach zum Abstich gelangen mußte, nur für gewöhnliche Gegenstände verwenden. Späterhin treten diese Erscheinungen zurück. Bei Vorherden, deren erster Abstich erst bei einer Ansammelung von 4—5000 kg Eisen erfolgt, treten solche Müllabsonderungen nicht mehr auf. Sie verdanken daher ihre Entstehung der Auslaugung des Herdfutters und der Erkaltung des ersten flüssigen Eisens im Vorherde, welche eine gleichmäßige Vermischung des damit gesättigten Eisens mit dem darüberfließenden ungesättigten nicht mehr gestattet. Nach dem Eingusse solchen Eisens in die Gußform wird bei der Erstarrung die Übersättigung an Fremdkörpern wieder ausgeschwitzt und durch eine Müllstelle gekennzeichnet.

Aber auch, wenn ein Vorherd nicht neu ausgebessert ist, können Müllstellen bei den ersten Güssen auftreten. Es genügt mitunter die Auslaugung des Ofenausschmierfutters durch die ersten Eisenschichten, wenn das Ofenmauerwerk alt und erneuerungsbedürftig ist, und daher große Ausschmiermassen zur Reparatur desselben verwendet werden müssen. Die Mittel dagegen bestehen in heißem Niederschmelzen, damit das Eisen die eingegangenen Verbindungen wieder lösen kann und als Schlacke in der Pfanne absondert und sich auch mischungsfähig erhält, oder in einer künstlichen mechanischen Mischung desselben in der Gießpfanne, welche stets mit einer Temperaturerhöhung verbunden ist. Jede Mischung ist an und für sich empfehlenswert. Man kann sich hierfür eines Umrührers mit Marmor- oder Kalkstücken oder auch des Aluminiums und anderer Mittel bedienen, wie solche unter „Reinigungsmittel" Seite 26 besprochen sind.

XI. Gebläse und Schmelzung.

Beim Kupolofenbetriebe sind zwei Gebläsearten in Anwendung: der gewöhnliche Ventilator für Wassersäulen-Drucke von 200—400 mm und die Druckgebläse, welche als Druckventilatoren oder als Kapselgebläse bis zu 800 mm Wassersäulen-Druck für die Gießereizwecke hergestellt werden.

Der Niederdruck-Ventilator ist in bezug auf Erzeugung von Windmenge bei 200—300 mm Wassersäulen-Druck, Anschaffungs- und Unterhaltungskosten das zweckmäßigste und billigste Gebläse. Der Wirkungsgrad desselben ist über 300 mm Wassersäulen-Druck ein stark fallender.

Der Hochdruck-Ventilator ist da anzuwenden und ein vorteilhaftes Gebläse, wo es auf große Windmenge bei hohem Drucke ankommt. In solchen Fällen kann sein Kraftverbrauch ein geringerer sein, als beim Kapselgebläse, obgleich der Wirkungsgrad der letzteren ein höherer ist.

$$N = \frac{2}{15} \cdot 1{,}4 \cdot 40 = 7{,}46.$$

Der Wirkungsgrad eines besten Kapselgebläses inkl. Vorgelege beträgt 75 %, woraus sich N = 9,94 ergibt. An Kraftverlusten verursacht das Gebläse N = 9,94 — 7,46 = 2,48. Da aber die Gebläse sich im Betriebe durch längeren Gebrauch sehr verschlechtern und dann rascher laufen müssen, um in ihrem Effekt erhalten zu bleiben, so muß ein größerer Kraftaufwand in Rechnung gezogen werden, so daß man hierfür je nach der Größe des Gebläses 1 bis 2 Pferdestärken in Anschlag bringen kann. Wählen wir für unser Beispiel dafür = 1,06, so erhalten wir als Betriebskraft für

$$N = 9{,}94 + 1{,}06 = 11 \text{ Pferdestärken.}$$

Der Wind-Druck, mit welchem aus den Formen in das Ofeninnere geblasen werden soll, darf man für Öfen von 1,0—1,2 m Diam. nicht unter 250 mm Wassersäulen-Druck wählen, sonst macht sich eine äußere und eine innere, langsamere Schmelzung schon bemerkbar; er soll mindestens 300 mm betragen, wobei die Ofenhöhe nicht über 3,0 m von Düsen bis Gicht zu wählen ist. Die Ofenhöhe steht mit dem Winddruck gemeinhin in keiner Beziehung, denn wird der Düsendruck ein höherer und bleibt das Windquantum dasselbe wie zuvor, so durcheilt die eingeblasene Luftmenge die Ofengichten nicht schneller als zuvor, da eine stärkere Pressung das Luftquantum selbst nur unwesentlich erhöht nach seiner Ausbreitung im Ofen unter dem atmosphärischen Druck. Will man aus einem Ofen rascher oder mehr schmelzen, so ist der Winddruck dabei gleichgiltig, nur das zugeführte Quantum muß größer werden, das Gebläse muß schneller laufen, was mit einer Erhöhung des Winddruckes verbunden ist. Führt man wiederum einem Ofen ein größeres Windquantum zu in derselben Zeit wie vordem, so durcheilt der Wind die Ofengichten auch schneller, die Schmelzzone wird eine erhöhte und die Ofenhöhe selbst kann oder muß eventuell größer gewählt werden. Bei Öfen von 1,2 m Diam. und

darüber, für Schmelzungen von 12 000 kg Roheisen stündlich, muß man, um das Ofeninnere reichlich treffen und versorgen zu können, bei 40—50 cm Wassersäulen-Druck, eine Luftmenge von 12 000 cbm pro Stunde oder 200 cbm pro Minute im geringsten zuführen. Für gewöhnlich schmilzt ein solcher Ofen bei üblicher Luftzufuhr nur ca. 7000 kg stündlich; die erhöhte Luftzufuhr für die erhöhte Leistung von 12 000 kg bedingt daher eine entsprechend höhere Schmelz- und Wärmezone, denn der Wind in seiner größeren Menge muß höher liegende Koksmassen angreifen als bei geringerer Zufuhr, sonst er wirkungslos verloren gehen müßte. Dadurch wird eine größere Ofenhöhe bedingt als vordem. Man geht bei solchen Leistungen auf 5—6 m von Düsen bis Gicht.

Die Querschnittsfläche eines Ofens ist für dessen Schmelzkraft von sehr erheblichem Einflusse, da sie für die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Luft durch den Ofenschacht bewegt, maßgebend ist. Es fand Verfasser an drei Rundöfen, welche mit etwa demselben Koksverbrauche von 7—8 kg pro 100 kg Roheisen inkl. Füllkoks arbeiteten, deren Leistungen wie folgt:

Ofen-Querschnitt Quadratmeter	0,5 (0,85⌀)	0,86 (1,05⌀)	1,13 (1,20⌀)	Angaben in:	⌐¬ 0,5
Windzufluß pro Minute	90	90	90	cbm, berechnete	70
Schmelzkraft pro Stunde	3,7	5,5	6,0	Tonnen, Hämatit	4,0
Ofenhöhe von Düsen bis Gicht:	3,0	3,0	3,0	Meter	3,6
Winddruck an den Düsen	450	300	250	Mm Wassers.	450
Gesamt-Düsenflächen	0,12	0,12	0,12	Quadratmeter	0,16

Der Ofen von 0,85 m Diam. war alt, wurde später durch einen solchen in ⌐¬ rechteckiger Form ersetzt, da er schlecht arbeitete infolge ungeeigneter Windzufuhr. — Die drei Rundöfen waren abwechselnd in Benutzung und von ein und demselben Gebläse (Blower) bedient und daher

erkennt man aus der Tabelle den Einfluß, welchen der Ofenquerschnitt auf die Schmelzkraft ausübte; der Winddruck an den Düsen wurde verhältnismäßig größer, je kleiner die Ofenquerschnitte wurden, da naturgemäß das Windquantum die engeren Öfen schneller durcheilen mußte, als die weiteren, bei der gleichen Windmenge. Die Düsenspannung war von geringerem Werte, da bei dem gleichen Windquantum nur 3,7 Tonnen in kleinen gegenüber 6 Tonnen im großen Ofen schmolzen; der Druck und die Ofenhöhe hätten größer sein müssen, wenn dasselbe Windquantum ausgenutzt werden sollte. Der große Rundofen arbeitete ökonomisch am vorteilhaftesten, denn dieselbe Windmenge leistete in bezug auf ihre Schmelzkraft am meisten bei geringstem Winddrucke und daher geringster Inanspruchnahme an Kraft-Bedarf. Dagegen wuchs die Schmelzkraft pro qm Ofenquerschnitt mit den kleineren Öfen bedeutend. Sie betrug beim kleinen Rundofen 7,4 und beim großen nur 5,3 Tonnen pro qm; der rechteckige lieferte 8 Tonnen.

Aus letzterer Betrachtung geht hervor, daß die Schmelzzone sich in den kleineren Öfen gegenüber dem großen beträchtlich erhöht haben musste.

Was den rechteckigen Ofen betrifft, so war das Eisen, welches er lieferte, bedeutend hitziger als das der anderen und der Koksverbrauch an Satz und Füllkoks betrug 7 % und war durchweg 1 % geringer als bei den neueren Öfen. Die große Überhitzung des flüssigen Eisens, war sehr beachtenswert, denn es mußte eine bessere Mischung haben und war gießfähiger für kleine Gegenstände. Dieser Ofen verbrauchte 17 cbm Luft in der Minute, um pro Stunde eine Tonne Eisen zu schmelzen und der große Rundofen nur 15 cbm; dabei war sein Koksverbrauch geringer und es hätte es sich demgemäß auch der Luftverbrauch mindern müssen. Fragt man, wo das überschüssige Luftquantum bei dem eckigen Ofen geblieben ist, so kann man nur annehmen, daß es nutzlos an den Wänden und durch die Gichtsätze hindurch enteilte, denn der Ofen zeigte bei dem

geringen Koksverbrauche von 7% und dazu verhältnismäßigem großen Luftverbrauch von 15 cbm pro kg Koks wofür 10 cbm genügt haben könnten, keine Gichtflamme, auch selbst nicht, wenn das Schmelzgut bis auf 2,8 m Höhe, von Düsen aus, gesunken war. Es ergibt sich ferner aus der Betrachtung, daß für ein ökonomisches Schmelzen die Geschwindigkeit, mit welcher die Druckluft durch den Ofen geht, eine beschränkte sein muß. Will man den überschießenden Wind nutzbar machen, so kann man dem Teil, welcher den Ofenwänden entlang entweicht, durch größere Abdichtung entgegen wirken: es müssen die Gichtsätze vermehrt werden, also auf eine größere Ofenhöhe hingewirkt werden, alsdann muß sich die Schmelzzone entsprechend erhöhen, aber auch der Druck wird sich dadurch etwas steigern. Dem letzteren Übelstande sucht man dadurch zu begegnen, daß man für große Leistungen der Öfen, oberhalb deren Düsen, von einer gewissen Höhe an, von 2 bis 2,5 m, den Schacht konisch so erweitert, daß derselbe 1,8 bis 2,0 m Diam. erhält, während die Schmelzzone nur 1,2 m Diam. mißt. Ein für große Schmelzkraft massenhaft eingeblasene Luftmenge von hoher Spannung verliert daselbst ihre Geschwindigkeit und wird nutzbar, soweit dieselbe in der durcheilten Schmelzzone nicht mehr in Wirkung kommen konnte, indem die sich darin zersetzte Luft an den oberen Gichten abkühlt, ihre Wärme an dieselben abgibt und die Gichtsätze beim Eintritt in die Schmelzzone vorbereitet. Öffnet man an einem Ofen die Düsentüren, oder läßt man die Düsenluft frei in das Innere eines leeren Ofens gelangen, so zeigen die besprochenen Öfen keinen Druck im Windkasten der Düsen an. Die angegebenen Drucke von 25 bis 45 cm Wassersäulen sind daher nur durch die Widerstände im Schmelzgute, vermehrt durch die Geschwindigkeit, welche die kleineren Ofenquerschnitte zur Durcheilung des Luftstromes bedingen, hervorgerufen.

Über die weiteren Wirkungsweisen der besprochenen Öfen gibt folgende Tabelle Auskunft:

Ofendimensionen	850 Diam.	1050 Diam.	1200 Diam.	□ 1000/500
Schmolz kg Eisen pro Minute	61,7	91,7	100,0	66,6
Schmelzkraft in Tonnen pro qm à Stunde	7,4	6,4	5,3	8,0
Gesamt-Koksverbrauch dazu in kg à Minute	7,7	7,33	8,0	4,6
Ges. Koksverbrauch (inkl. Füllkoks) in % vom Roheisen	12,5	8,0	8,0	7,0
Luftmenge dabei in cbm auf 1 kg Koks	11,7	12,3	11,2	15,0
Luft in cbm pro 100 kg Eisen	146	99	90	105
1 kg Koks schmolz pro Minute Eisen in kg	8,0	12,5	12,5	14,5

Man kann aus der Tabelle noch folgen, daß unter Umständen in großen wie in kleinen Öfen für gleiche Luftmengen auch gleich große Quantitäten Eisen niedergeschmolzen werden können; daß in letzterem Falle ein Mehraufwand an Betriebskraft eintritt, hervorgerufen durch die vergrößerte Geschwindigkeit, mit welcher die Gebläseluft einen kleineren Ofen durcheilen muß, was Druckvermehrung zufolge hat, auch noch Erhöhung des Ofenschachtes bedingen kann, was wiederum den Widerstand gegen die Gebläseluft vermehrt. Diesem Kraftverlust steht gegenüber: geringerer Koksverbrauch, rascheres Schmelzen, hitzigeres Eisen, vorteilhaftere Mischung der Roh-Eisengattierungen.

In dem eckigen Ofen sind 15 cbm Luft pro kg Koks verbraucht und es müssten abgesehen von größeren Verlusten deren 10 cbm genügt haben. Da dieser Ofen selbst bei einem Tiefstand der Gichtsätze von 2,8 m über den Düsen nie Gichtflammen zeigte und die Gebläseluft an der Gicht bei ordnungsmäßigem Betriebe mit 3,6 m Gichthöhen, nur so warm austrat, daß man die Hände hinein halten konnte, so muß man sich den Schmelzvorgang so denken: durch verstärkte Preßluft kann man die Schmelzzone erhöhen; die Erhöhung ist eine begrenzte, dadurch, daß die naßkalten Eisen- und Koksstücke an eine Zeit zu ihrer

Vorwärmung gebunden sind und somit mit der Schmelzzonenhöhe in Wechselwirkung stehen. Ein die Schmelzzone durchströmender Luftüberschuß zersetzt sich darin und kann wegen des raschen Niederganges der vorgewärmten Gichten keine Verbindungen, weder zu Kohlensäure noch zu Kohlenoxyd eingehen; der Wechsel über der Schmelzzone erfolgt zu rasch, die zersetzte Luft kühlt sich schnell wieder an den kalten und nassen Gichtsätzen ab.

Die Tabellenzahlen sind nur rohe und aus langen Beobachtungen gemittelt; es wurde in den Öfen fast nur Hämatit niedergeschmolzen; die Masselstücke wurden nur einmal zerschlagen, weil das Zerkleinern derselben schwieriger war als bei anderen Roheisensorten; es war daher nicht möglich in dem Ofen von 850 mm Diam. den Gichtumfang mit den langen Masselstücken gut abzudichten, es blieben daher Lücken, welche sich mit Koks füllten und den Verbrauch vermehrten; auch standen die Düsen nicht diametral gegenüber. Dieser Ofen kann nur als Beispiel dienen über Ursache und Wirkung von schlechtgehenden Kupolöfen.

Höhen- und Flächenverhältnisse für Kupolöfen lassen sich aus dem Vorhergehenden für ökonomischen Betrieb etwa wie folgt bemessen;

100 cbm Luftmenge pro Minute incl. Verluste entsprechen 1 qm Ofenquerschnitt;

100 cbm Luftmenge pro Minute entsprechen 0,05 qm der Windzuleitung vor dem Ofen in den Windkasten = 25—30 cm Rohrdurchmesser;

die Gesamtdüsenflächen sollen 0,1 der Ofenquerschnittsfläche mindestens betragen resp. der Schmelzzonenfläche;

die Ofenhöhen von Düsen bis Gicht sollen für gewöhnlichen Ventilatoren-Betrieb niedrig bemessen sein: 2,5 bis höchstens 3,0 m; für Drucke von 40 cm Wassersäulen zu 3,5 m; und für Ofenwiderstände bis 60 cm oder darüber zu 4 bis 5,5 m;

die Windverteilung im Ofen selbst, muß eine absolut gleichmäßige sein.

Der Koksverbrauch in guter Qualität läßt sich nur während eines lang andauernden Ofenbetriebes mit Sicherheit bemessen, da der Füllkoks sonst eine große Rolle dabei spielen würde. Der letztere kommt mit demjenigen Quantum in Betracht, welches eingefüllt wurde abzüglich des nach der Schmelzung wieder erübrigten Restes, welcher die Stütze gebildet hat, durch welche das Schmelzgut über den Düsen gehalten wurde, damit es in der Schmelzzone verblieb, nicht halbgeschmolzen hindurchfiel, und vom Windstrom der Düsen erreicht, und kalt geblasen werden konnte. Soll letzteres bei lang andauernder Schmelzung durchaus verhütet werden, so erzielte Verfasser an den besprochenen Öfen bei etwa gleicher Windmenge-Zufuhr an Koksverbrauch incl. Füllkoks:

beim kleinen eckigen Ofen und hohem Winddrucke 6,6 bis 7,5 kg pro 100 kg Roheisen;

beim großen Rund-Ofen und kleinem Winddruck 7,1 bis 8,2 kg pro 100 kg Roheisen;

und kam es bei geringerem Koksverbrauche vor, daß halbgeschmolzene Roheisenstücke bis vor die Winddüsen rückten, mithin die Schmelzzone sich erniedrigt hatte und der Füllkoks an Stelle des Satzkoks verbraucht wurde. Hat man es mit einer gering andauernden Schmelzung zu tun, so kann ein Teil des Füllkokses die Rolle des Satzkokses übernehmen und ist es in diesem Falle nicht wunderlich, wenn der Satzkoks unter dem theoretischen Quantum bleibt und dann erstaunliche geringe Schmelzzahlen in Erscheinung treten und oft betont werden.

Für besonders überhitztes Eisen, zum Gießen kleiner oder dünner Gußstücke, wie Fein- und Fensterguß, rechnet man 1 kg Koks mehr. Desgleichen auch für Kupolöfen, welche für längere Zeit — bis zu 6 Tagen hindurch — in einem andauernden Betriebe gehalten werden, weil dabei jede Störung durch Zufälligkeiten ganz und gar ausgeschlossen bleiben muss.

Der angegebene Koksverbrauch hängt nach Obigem einesteils von der Dauer der Schmelzperiode, andernteils

aber auch von dem Roheisen selbst, dessen Leicht- oder Schwerflüssigkeit ab unter der Annahme eines guten Gießerei-Kokses.

Ofen-Größe und Gebläsewahl hängen zusammen. Hat man nur Feingußgegenstände zu gießen, so ist das Gießgewicht ein geringes, das Fortschaffen und Gießen des flüssigen Eisens erfordert viel Zeit, und wird man unter Umständen nur einen Ofen von geringer Dimension und kleiner Höhe zu wählen haben, wofür dann auch ein gewöhnlicher Ventilator für 200 mm Wassersäulen Druck ausreichend ist.

Gießereikoks und Koksgüte. Der Schmelzkoks soll von dichter, fester Beschaffenheit und möglichst wasserfrei sein. Ein leichter Koks, wie Gaskoks, welcher porig und daher wenig dicht ist, zersetzt gebildete Kohlensäure in Kohlenoxydgas um. Kohlensäure in Rotglut über Holzkohlen geleitet, bildet sechsmal soviel Kohlenoxyd, als bei Anwendung von dichtem Koks. Der Koks soll unter 10 % Asche haben, im Mittel findet man im westfälischen Koks 8 %, und auch über 5 % Wasser nicht enthalten. Insbesondere aber wird die Koksgüte durch einen geringen Gehalt an Schwefel bedingt. Der Schwefel geht in das Schmelzgut über und läßt sich nur teilweise und künstlich durch Zuschlag von Kalk daraus entfernen. Die Hälfte des im Kokse vorhandenen Schwefels geht erfahrungsgemäß in das Schmelzeisen über, so daß letzteres sich um 0,05 bis 0,06 % vom Roheisengewichte anreichert. Im Mittel hat der westfälische Koks 1 % Schwefel; es kommen aber vereinzelt Sorten vor, welche bis 1,9 % enthalten. Gußstücke, welche aus damit geschmolzenem Roheisen hergestellt werden, können alle Eigenschaften einbüßen, welche man an die Eisengattierung gestellt hatte.

Unter Gießereikoks versteht man die bei der Koksbereitung als besonders „gut gebrannt“ hervorgegangenen und ausgelesenen Stücke; alles übrige ist Hochofenkoks und daher minderwertig. Geringwertiger Koks wirkt ähnlich wie Gaskoks und kann die im Kupolofen aufsteigende Kohlen-

säure wieder zur Umbildung in Kohlenoxydgas begünstigen. Der Koks verbrennt alsdann, insbesondere bei langsamem Niederschmelzen, schon bis zum Einwurf und darüber mit einer Gichtflamme, nutzlos und ohne große Wärmeentwickelung, denn wenn der Koks zu Kohlensäure verbrennt, entwickelt er 8080 Wärmeeinheiten dagegen die Verbrennung zu Kohlenoxydgas deren nur 2473 Wärmeeinheiten. Zur Bildung von Kohlensäure bedarf es der doppelten Luftmenge, welche dem Ofen zuzuführen ist, als bei Kohlenoxydbildung und daher ist für eine gute Schmelzung auch für angemessene Luftzuführung zu sorgen, da sie dafür Bedingung ist.

Der Hochofenkoks hat infolge seiner größeren Porosität, wie aller geringwertige Koks, bis doppelten Wassergehalt und auch 1—2 % mehr Aschengehalt. Man bezahlt daher in schlechtem Kokse ca. 6—7 % an Asche und Wasser für Kohlenstoff. Dazu kommt noch der Wärmeaufwand, die Vergeudung an Koks, welche dazu erforderlich ist, daß die Mehr-Asche in flüssige Schlacke und das größere Wasserquantum in Dampf verwandelt werden muß. Man kann solche Verluste insgesamt auf fast das Doppelte der gefundenen Prozentsätze bemessen und dafür 10—12 % Preisverlust annehmen.

Wie groß die Verluste für eine größere Gießerei, welche pro anno 5000 Tonnen Gußwaren erzeugt, werden können, berechnet sich aus dem Umstande, daß ein derartiges Etablissemnt, wenn es größere Gegenstände laufend herstellt, Lehmgußstücke fertigt, und demzufolge Brennöfen und Trocken-Apparate stets in Tätigkeit hat, jährlich auf 4140 Mk. wenn man für den Koks 18 Mk. und die Fracht 5 Mk. pro Tonne in Anschlag bringt. Es verbrauchten früher bei den alten Einrichtungen solche Gießereien bis 40 % der Gußwaren an Gesamtkoks; die neueren Einrichtungen erfordern noch 25—30 % derselben, woraus sich obiger Verlust berechnet. Will man noch einen Mehraufwand an Kalksteinzuschlag, größeren Eisenverlust durch die Entstehung verschmierter Pfannen, dick-

flüssiger Schlacke, woraus sich das Eisen nicht nach Wunsch ausklaubern läßt, annehmen, so kann man pro Tonne Gußware 1 Mk. Verlust in Anrechnung bringen.

Phosphor darf ein guter Koks wenig oder nur Spuren enthalten, was für die Kokse Westfalens auch zutreffend ist. Ein gutes Merkmal für guten Koks ist dessen Härte. Nach O. Simmersbach ist die Druckfestigkeit von:

gutem Gießereikoks . . . 150 kg pro qcm.
„ Hochofenkoks . . 100—120 kg „ „
„ Gaskoks . . . . . 80 kg „ „

Analysen der Westfälischen Gießerei-Kokse sind Seite 10 mitgeteilt.

Gichtsätze. Verfasser wählt pro qm Schmelzzonenquerschnitt oder aber für Massenschmelzungen bei hohem Drucke pro qm Gichtquerschnitt = 500 kg Roheisensätze und außer dem Füllkokse noch 5 und 6 % vom Roheisengewichte an gutem Satzkokse. Roheisen wie Koks sollen handlich zerkleinert sein. Für große Öfen und große Schmelzungen unter hohem Windrucke, bei hohem Schachte und Sammelraum für das geschmolzene Eisen unterhalb des Schachtes und in offener Verbindung damit, wählt man den Satzkoks bis zu 2 % höher. Man gibt alsdann aber die Roheisenstücke ohne Rücksichten, gebrochen oder ungebrochen auf, selbst Stücke von 500 kg und mehr geben zu keinerlei Befürchtungen Anlaß; die große Ofenhöhe und hohe Schmelzzone bewältigt alles.

Der Kalkstein-Zuschlag zum Schmelzgute dient zum Flüssigmachen der Schlacken, welche aus der Ausschmiermasse der Öfen, der Vorherde, der Koksasche, der den Masselstücken anhaftenden Sandteilen etc. sich bildet, vornehmlich aber auch, um den Schwefel im Schmelzkokse zu binden und seinen Übergang in das Schmelzgut zu verhindern oder zu mildern. Man kann annehmen, daß nur die Hälfte des im Kokse enthaltenen Schwefels durch den Kalksteinzuschlag verschlackt wird; die andere Hälfte geht ins Schmelzgut über. Die Höhe des Kalkzuschlages hängt von der Masse der zu verschlackenden Teile ab. Die

Schlacke soll 25 % Kalkerde enthalten und da man bis 15 % flüssiger und fester Schlacke, welch letztere nach beendeter Schmelzung an Wänden und Böden hängen bleibt, rechnen kann, so soll man ca. 3,75 % vom Roheisen und bei 60 % Gehalt an Kalkerde im Kalkstein = 6,25 % desselben an Steinzuschlag wählen. Da es an Kalkerde arme oder reiche Kalksteine gibt, so kann man den Prozentsatz geringer oder muß denselben höher wählen. Ein schlechter Kalkstein kann daher sehr wertlos sein. Statt Kalkstein wird vielfach

Flußspat gewählt. Reiner Flußspat wirkt wie drei Teile Kalkstein; er macht die Schlacke leichtflüssiger und die Ofenwände verschmieren nicht, sondern bleiben rein. Allgemein eingeführt hat sich der Flußspat in den Eisengießereien nicht, denn erstens ist er viel teurer als Kalkstein, sodann ist er vielfach oder in den billigeren Sorten nicht rein an Schwefel, Phosphor und Schwerspat, er enthält mithin Stoffe, welche dem Schmelzprodukte schädlich sind und bei tagelang dauernden Betriebs-Perioden schon so störend wirkten, daß seine Anwendung aufgegeben werden mußte. Dagegen dürfte derselbe als Zugabe beim Füllkokse und bei den letzten Schmelzschichten zur Reinigung der Ofenwände zu empfehlen sein.

Die guten Eigenschaften des reinen Flußspates sind die, daß er Schwefel und Phosphor in die Schlacke überführt, was beim Kalkstein nur in geringem Maaße für den Schwefel und für den Phosphor gar nicht stattfindet. Die Zweckmäßigkeit seiner eventuellen Bevorzugung ergibt sich hieraus und ist bei stark schwefelhaltigem Kokse eine gebotene und phosphorhaltigem Eisen eine erwünschte, das Schmelzgut verbessernde. Über Analyse sehe man Seite 11.

Verbrennuug. Guter Koks hat im Mittel 92 % Kohlenstoffgehalt. Es erzeugt 1 kg Kohlenstoff, verbrannt zu Kohlensäure, 8080 Wärmeeinheiten und daher Koks bei 8 % Asche = 7434 Wärmeeinheiten, womit theoretisch ca. 25 kg Roheisen geschmolzen werden können. Dagegen erzeugt 1 kg Kohlenstoff verbrannt zu Kohlenoxydgas nur 2473 W.-E. oder bei

8 % Asche nur 2275 Wärmeeinheiten oder Kalorien. Es ist daher für einen guten Ofengang eine Bedingung, daß Kohlensäure erzeugt wird und wenig oder gar kein Oxydgas denn in letzterem Falle würde das Eisen nur sehr langsam, wenig dünnflüssig und mit großem Brennstoffaufwande niederschmelzen können. Ein gut bedienter und ganz regelmäßig gehender Ofen kann eine scharf abgegrenzte Schmelzzone zeigen, gekennzeichnet durch den Steineabbrand der Ofenausmauerung. Man muß sich den Schmelzvorgang eines gut wirkenden Ofens so denken, daß die in der Schmelzzone sich bildende Kohlensäure und ein Überschuß von sich darin chemisch zersetzter Luft, sich rasch beim Austritte aus der Schmelzzone an den Ofenschichten abkühlt, ihre Wärme an dieselben abgibt und sich zu Kohlenoxydgas nicht mehr umbilden kann. Im anderen Falle bildet sich bei langsamer oder auch unregelmäßiger Schmelzung bei 600 ° C durch weitere Verbrennung von Koks nur noch Kohlenoxydgas. Es gehen dann in den oberen Brennschichten pro kg Koks 5677 Wärmeeinheiten verloren, weshalb der Koksverbrauch ein sehr gesteigerter werden muß, um die benötigte Schmelzwärme abgeben zu können. Es müssen demnach die Schichten für Oxydgasbildung rasch in diejenige der Säurezone hineingelangen, damit keine Gelegenheit sich bietet, den oberen Ofeninhalt langsam der Oxydgasbildung verfallen zu lassen.

Überhitzte Luft befördert die Kohlenoxydgasbildung und bei einer höheren Temperatur, als zur Entzündung des Brennmaterials notwendig ist, wird steigend nur Oxydgas gebildet. Für Kohle beträgt die Entzündungstemperatur 300 ° C. Es soll daher nur kalter oder erwärmter Wind beim Kupolofenbetriebe in Anwendung kommen.

Aus dem Vorhergehenden ist ersichtlich, daß eine wirkungsvolle, gleich- und regelmäßige Verbrennung des Kokses zu Kohlensäure nur dann sich ermöglicht, wenn ein Ofeninhalt auf der ganzen Querschnittsfläche auch ganz gleichmäßige Windzufuhr erhält. Eine einseitige im inneren oder äußeren Teil der Schmelzzone sich vollziehende ungleiche

Zuführung von Windmenge, ungleicher Winddruck an den Öfen, ändert im unteren Teile der Schmelzzone, wie oberhalb derselben alle Bedingungen für geregelte Kohlensäurebildung; es tritt eine Störung, ein wenig guter Ofengang, weit bis zur Höhe der Ofengicht nutzlos brennender Koks, als Folge auf, wie auch einseitiges Niederschmelzen der Gichten dadurch hervorgerufen wird. Will man den Kupolofenbetrieb allen schädlichen Vorkommnissen entziehen, so erreicht man dieses dadurch, daß man durch Anwendung eines kräftigen Gebläses, bei hohem Winddrucke auch reichlich Windmasse dem Ofen zuführt. Wie bereits schon bemerkt, erhöht sich aldann die Schmelzzone, es entsteht eine raschere Verbrennung des Kokses zu Kohlensäure, die Gichten schmelzen rascher nieder als sonst und da die Umwandlung der Kohlensäure zu Kohlenoxydgas an eine gewisse Zeit gebunden erscheint, diese aber infolge des raschen Niederganges des Schmelzgutes abgekürzt oder aufgehoben wird, so kann auch nur geringe oder gar keine Rückbildung zu Oxydgas auftreten. Durch den erhöhten Winddruck eilt das Säuregas rasch durch die oberhalb der Schmelzzone niedergehenden noch naßkalten Schmelzgutschichten, kühlt sich daselbst vollständig ab und entweicht als kalte Kohlensäure, so daß man bei gewissen Übereinstimmungen von Druck, Ofenhöhe und Windquantum ruhig die Hände an der Gicht in einen Ofen hineinstecken kann, ohne eine bemerkenswerte Wärme zu empfinden. Gichtgase sind natürlich nie vorhanden. Daß ein solcher Ofenbetrieb dennoch von geringem Vorteile sein kann, wird im Kapitel „Kupolofen-Steine-Mauerung“ kalkulatorisch nachgewiesen.

Für das Niederschmelzen von Roheisen im Kupolofen und die zum Gießen notwendige Überhitzung desselben nimmt man pro kg Roheisen theoretisch 300 Wärmeeinheiten an, uud es wäre alsdann der Koksverbrauch bei 8 % Asche $\frac{300}{7434} = 4\,\%$. Für die weitereren Wärmeverluste durch die Erzeugung von Schlacken aus der Koksasche, dem Masselsand, den feuerfesten Materialien, sowie

durch die Erwärmung des Ofens, die Ausstrahlung der Ofenmantelung und der Gießpfannen, durch Schmelzen der Kalkzuschläge und die Wasserdampfung aus Koks und den Schmiermaterialien, wird angenommen, daß mindestens 1 % des verwendeten Kokses verloren geht, mithin mehr aufzuwenden ist. Ein Kupolofen verbraucht daher bei nur Kohlensäurebildung schon ca. 5 % guten Koks. Berücksichtigt man, daß der Koks nicht meist zu Kohlensäure verbrannt wird und jene 8080 Wärmeeinheiten entwickelt, sondern ein Teil zu Kohlenoxyd verbrennt und nur 2473 Wärmeeinheiten erzeugt, und daß häufig $^1/_3$ desselben zur Kohlenoxydgasbildung in Anspruch genommen wird, so erhöht sich der Prozentsatz auf etwa 5,4 % des Roheisensatzes[1]).

Man rechnet für die Verbrennung von 1 kg Sauerstoff der Luft:

$^3/_4$ kg Kohlenstoff = 1855 Wärmeeinheiten (Kalorien) bei Kohlenoxydgasbildung;

$^3/_8$ kg Kohlenstoff = 3030 Wärmeeinheiten (Kalorien) bei Kohlensäurebildung;

und es enthalten 3,34 cbm guter Luft von 0° C = 1 kg Sauerstoff;

es genügen für 1 kg Kohlenstoff = 4,45 cbm Luft zur Kohlenoxydbildung;

es genügen für 1 kg Kohlenstoff = 8,90 cbm Luft zur Kohlensäurebildung;

und es genügen 8,5 cbm Luft zur Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff = ca. 1,1 kg Koks, unter der Bedingung, daß nicht durchweg im Kupolofenbetriebe nur reine Kohlensäure erzeugt wird.

Man nimmt der Verluste und Sicherheit wegen mindestens 10 cbm Luft als Rechengröße an, und kann man weit mehr ohne geringste Beeinträchtigung auf die Schmelzwirkung zur Anwendung bringen, wie bereits Seite 125 unter „Querschnittsflächen“ besprochen wurde.

Abbrand. Der Schmelzverlust hängt von der Be-

1) Siehe „Eisenzeitung“ Nr. 18, 1900.

schaffenheit des Roheisens ab, von dessen oxydierenden Bestandteilen. Ist viel Mangan im Roheisen enthalten, so geht davon ein großer Teil in die Schlacke über, auch der Schwefel kann bei heißem Ofengange zum Teil verschlackt werden. Der Verlust an dem Gewichte der Gußwaren ist dann größer als ansonst. Stark anhaftender Sand an den Roheisen-Masseln, welcher als Eisen dem Gewichte nach bezahlt wurde, verschlackt ebenfalls und der Abbrand ist wiederum größer als bei Masseln, welche in eiserner Form statt im Sande gegossen sind, und da ein heißer Ofengang die Stoffe besser reduziert, verschlackt, verbindet als ein kalter, so muß auch angenommen werden, daß ein solcher den Abbrand begünstigt. Im allgemeinen nimmt man den Gesamtabgang an direktem Schmelzverlust im Kupolofen sowie an Eisenverlust durch Verspritzen, durch das Putzen der Gußstücke und deren Bemeißlung, an Eisenpartikelchen, welche in den Schlacken eingeschlossen bleiben und nicht zur Ausklauberung gelangen, wie auch den Verlust durch das Wiederschmelzen von Trichtern und Wrackguß zu 6—8 % an.

Kleinere Eisenteile mit geringen Stoffstärken zur Gattierung im Ofen verhüttet, brennen mehr ab als stärkere, und daher auch Brucheisen mehr als Masselstücke. Brandeisen mit erheblichen Oxydbildungen, verschlackte Roststäbe erleiden bis 40 % Abbrand.

Für die direkten Schmelzverluste im Kupolofen nimmt man an:

bei reinen, glatten Masselstücken . . 3,5 %
bei anhaftenden, sandigen Masseln . 5—6 %

und können dieselben für dünnwandige Brucheisenstücke, infolge ihrer erheblichen Begrenzungsflächen und der Oxydschichten darauf, welche infolge der Witterungs- und sonstiger Einflüsse recht starke sein können, betragen bis 10 %.

Die Hochofenwerke rechnen 1 % für anhaftenden Sand an den in Sand gegossenen Masseln; da der Abbrand aber ca. 2 % an solchen Masseln mehr beträgt als an glatten,

in Eisen oder geschwärzten Formen gegossenen, so schreibt man diesen höheren Verlust der großen Schlackenbildung des Sandes zu, wodurch ein großer Verlust an Eisen mit verursacht wird.

Füllkokshöhe. Die Höhe desselben über den Düsen ist einem Ofen und seinem Gebläse nach eine eigentümliche. Bei starkem Gebläse und reichlicher Windzufuhr wird die Schmelzzone eine höhere sein als im umgekehrten Falle und demnach muß auch die Höhe des Füllkokses sich danach bemessen. Bei zu großer Überhöhung desselben kann man oft lange auf das Niederschmelzen des Eisens warten. Der Koks verbrennt alsdann so lange ohne großen Nutzen, also mit erheblicher Oxydgasbildung soweit nieder bis die eigentümliche Schmelzzone erreicht ist. Der Füllkoks ist daher die Koksmasse, welche so hoch bemessen sein muß, daß sie nach Abgabe der Wärmeverluste zur Erhitzung des Ofenfutters immer erhalten bleibt und während des ganzen Ofenbetriebes nicht sinkt; er stellt somit die Beine dar, auf welchen die Roheisen-Gichten stehen und in ihrer untersten Lage erhalten bleiben müssen. Während eines längeren Betriebes regelt sich diese Höhe von selbst, vorausgesetzt, daß sie von vornherein nicht zu niedrig bemessen war. Der Satzkoks soll demnach nur für die Wärmeabgabe, welche das Schmelzen des Eisens erfordert, bemessen sein, zuzüglich eines kleinen Quantums, welches zur Erhaltung und Ergänzung der Schmelszonenhöhe dadurch erforderlich wird, daß der Füllkoks allmählich verbrennt und ergänzt werden muß. Erniedrigt sich während eines Betriebes die Kokshöhe der Schmelzzone, so kann es bei langandauernder Schmelzung vorkommen, daß die stetige Erniedrigung das Weiterschmelzen nicht mehr zuläßt, die Masselstücke erreichen die Windformen, das abträufelnde Eisen wird kalt geblasen, entkohlt und wird hart. In der Regel reicht die Schmelzzonenhöhe bis 1,0 m über die Düsen. Für kleinen Betrieb, wenn wenig Eisen niederzuschmelzen ist, kann man die Schmelzzone, also auch die Füllkoksmenge niederer halten, man muß alsdann aber

Die Schlacken eines Rundofens von 1,0 m Diam., welcher mit 10 % Satzkoks arbeitete, waren tiefschwarz und enthielten:

Kieselsäure bis 54,56 %, Eisenoxydul bis 16,20 % = 12,6 % Eisen, Kalkerde bis 20,8 %.

Bei Öfen mit Vorherden, bei welchen die Gebläseluft über das Eisenbad hinweggeleitet werden kann, erhöht sich in solchem Falle der Eisenoxydulgehalt, infolge der Oxydationswirkung, bedeutend.

Zur Berechnung des Kalksteinzuschlages nimmt man allgemein als Regel, bei einem Ausbringen der Kalksteine von 50 % an Kalkerde, ungefähr das Gewicht der zu verschlackenden Massen an. Mithin würden die früher angeführten 770 kg Gesamtschlacken erfordert haben, für die Verschlackung von Asche, Kieselsäure und Tonerde: 70 + 200 + 50 kg = 320 kg Kalksteine gewöhnlicher Qualität und bei guter Ausmauerung, statt der großen Ausschmierung, und dem Abbrande von 8 kg Quarzsteinen = 40 kg in letzterem Beispiele, nur 160 kg Kalksteine, was 6,4 % resp. 3,2 % vom Roheisengewicht entsprechen würde.

Bei dem Kupolofenbetriebe kann man die direkten Verluste durch den Schmelzprozeß wie folgt annehmen, an:
Bestandteilen der Eisengichten, besonders an Mangan 3,5 %
Verschlackungen des anhaftenden Sandes der Masselstücke bis 2 %,
Oxydhaut, besonders des mehr Oberflächen besitzenden Brucheisens bis 2 %,
so daß sich insgesamt an direkten Verlusten bis ca. 6 % Abbrand an den Roheisensätzen ergeben, wozu noch die Verluste für Wiederschmelzen von Gießtrichtern, verspritztes Eisen und die Putzverluste an den Gußstücken mit etwa insgesamt 1—2 % hinzutreten.

Den Kalksteinzuschlag der viel Koks verbrauchenden älteren Öfen nahm man höchstens zu 40 % des Koksverbrauches an. Da aber letzterer bei den heißgehenden neueren Öfen gering ist, so kann er als Maßstab nicht giltig

sein und wählt man besser 5 % vom Roheisengewichte. Weniger Kalksteinzuschlag macht die Schlacke auch weniger dünnflüssig, was aber bei den heißgehenden Öfen nicht zu sehr ins Gewicht fällt und eventuell insofern günstig sein dürfte, als bei solchen Betrieben die besten Quarzsteine erweichen, zäh und flüssig werden, so daß das Ofenfutter bei starkem Kalksteinzuschlag noch rascher zerstört werden kann, da der Kalk die Kieselsäure der Ausfuttersteine angreift.

XII. Die Form-Materialien und Wärmeschutzmittel.

I. Sand, Lehm, Masse, Schlichte.

Die Sande in der Formerei und zu den Gießzwecken können „fette" oder „magere" sein. Mager für dünnwandige und fett für stoffwandige Gegenstände. Sie müssen diesen Verwendungszwecken gemäß mehr oder weniger kieselsäurehaltig für den Wärmeschutz und durchlässig für den Abzug von Gasentwickelungen sein, feinkörnig im Gefüge und von sammetartigem Anfühlen für feine, dünne Guß-Gegenstände und grobkörnig und kieselsäurehaltig für starkwandige Stücke. Die Sande müssen plastisch sein, wodurch ein gewisser Tonerdegehalt bedingt wird. Derselbe darf jedoch die Poren für Durchlässigkeit nicht verstopfen und soll erfahrungsgemäß 10 % bei magerem Sand nicht erreichen und beträgt deren Kieselsäuregehalt in der Regel über 90 %, während fetter Sand weniger Kieselsäure aber mehr Ton enthalten darf. Im Gebrauche werden alle Sande durch die Hitzeangriffe des flüssigen Eisens magerer, da durch die flüssigen Eisenmassen die tonigen Bestandteile derselben zersetzt werden. Man kann deßhalb auch einen mageren Sand „grün", das heißt ohne Beimischungen in der Formerei verwenden, einen fetten aber nicht; ein solcher muß stets eine gewisse Beimischung alten Sandes erhalten, sonst stampft er sich dicht, wird fest und undurchlässig. Die Durchlässigkeit der Gase ist beim Sande außer dem Tongehalte wesentlich von dessen Körnergröße

abhängig, wie auch davon, daß keine kohlensaure Verbindungen und sonstige in demselben vorkommen, welche durch den Hitzeangriff in Zersetzung gebracht werden können, die Durchlässigkeit behindern oder Verbindungen, „Anbrand", mit dem flüssigen Eisen eingehen; auch ein längerer Einfluß der Witterungsverhältnisse kann einen sonst guten Formsand schädlich beeinflussen.

Zur Erzielung gleichmäßig aussehender Gußstücke ist vornehmlich auch die gleichmäßige Körnergröße eines Sandes von Einfluß. Welche Sandqualität für bestimmte Formzwecke am geeignetsten ist, kann nur die Erfahrung, der Versuch lehren, insbesondere da durch die Vorbereitungen und Mischungen, welchen die meisten Sande, vor ihrem Gebrauche in der Gießerei, unterworfen werden, selbst ein wenig geeigneter Sand in einen brauchbaren verwandelt werden kann. Für Gußstücke, selbst in den gewöhnlich vorkommenden Wandstärken, benutzt man aus den angeführten, leicht begreiflichen Gründen, den fetten, rohen Sand niemals. Die Schönheit und Gleichmäßigkeit der Gußstücke erfordert einen geeigneten ganz gleichmäßigen Umhüllungssand der Modellstücke, die Verwendung eines sogenannten Modellsandes, in welchen die erste Einhüllung des Modells bewirkt wird. Dieser Modellsand ist natürlich abhängig in seiner Zusammensetzung von den zur Verwendung stehenden Materialien und daher auch sehr verschieden. Da wo recht fetter Sand vorhanden ist, wird derselbe nach seiner Trocknung gemahlen und dadurch gleichmäßig gekörnt, dann wird derselbe mit gesiebtem altem Sande, welcher durch die Hitzeangriffe in seinem Gebrauche schon pulverisierter, gleichmäßiger, magerer und durchlässiger geworden ist, gemischt und sodann noch mit feinst gemahlener Steinkohle, auch Koks bei stoffwandigen Gegenständen, vermengt. Die letzteren Brennstoffe werden durch den Hitzeangriff des flüssigen Eisens vergast und erfolgt dessen Erstarrung somit in einer Gashülle, wodurch eine schöne blaue Farbe der Gußstücke erzielt und das Anbrennen des Sandes behindert wird. Guter, fetter Formsand

kann bis zu seiner doppelten Menge mit altem Formsande gemischt werden. Man mischt danach bis 1/8 der Gesamtmenge an feingemahler Flamm-, Gas- oder Kesselkohle bei. Die weitere Einhüllung eines Modelles, über den Modellsand hinweg, erfolgt aus einer Mischung von gesiebtem, rohem, grünem Sand, zweckentsprechend mit altem Formsande gemischt und mit Wasser plastisch gemacht. In Westfalen gebraucht man für Feinguß, besonders bei der Fensterfabrikation, vielfach die daselbst leicht erhältliche Schlammkohle, welche beim Waschen der Kohlen sich als Niederschlag aus dem Waschwasser absetzt. Dieser feine Schlamm ist reich an Kohle und oft so fett wie Lehm, so daß er mit altem Formsande hergerichtet sein muß. Die Gußstücke erhalten eine schöne blaue Farbe und da der Hitzeangriff solchen Feingusses gering ist, so kommen die darin zweifellos enthaltenen schädlichen Niederschläge, die sogenannten Bergmittel, nicht in Betracht und schützt die rasche Gasentwickelung der Kohlenteilchen die Gußstücke vor jedem Anbrand. Wo Formsande nicht vorkommen, werden dieselben vielfach künstlich hergestellt, indem man stark kieselhaltige Steine fein pocht und mit Tonerde oder Lehm bindefähig macht.

Ein guter Formsand soll frei von Kalk, Magnesia, wie allen mit dem flüssigen Eisen eine Verbindung eingehenden Stoffen sein und daher auch wenig Eisenoxyd enthalten. Gute Formsande enthalten 80—95 % Kieselsäure, 2—10 % Tonerde, 1—5 % Eisenoxyd.

Der Lehm, die Masse. Der Lehm ist kein direktes Formmaterial. Er dient in der Lehmformerei zum Aufmauern der Steine, und wo die Verwendung von Steinen nicht angängich ist, zu Kernen, das heißt zur Herstellung der Kernformen, auf welchen dann das eigentliche Formmaterial aufgebracht werden kann, als Gestell. Bei der Herstellung von Kernen, welche eine gewisse Festigkeit des Gestelles bedingen, muß der Lehm in Eisengestellen zur Verwendung kommen, welche den nötigen Halt für den Transport, die Trocknung und den Zusammenhalt verbürgen. Bei Rohrkernen bedient man sich dazu eiserner

Spindeln, welche mit Stroh, Heu, Holzwollseilen, selbst wolligem Papiere, wenn an Dimensionierung gespart werden muß, zuerst umkleidet werden, um dem darüber zu schmierenden Lehme einen festeren Halt zu bieten und vor dem Reißen und Abfallen bei der nachfolgenden Trocknung einen Schutz zu gewähren.

Die Masse ist das Material für den Schablonenguß und besteht aus fettem Sande, feuerfestem Tone oder Lehm mit beiden gemischt, welche durch Zusätze von Kuh- oder Pferdedünger (Roßäpfel) oder Kuhhaare, Häcksel, Gerberlohe, Harn und anderes in guter Mischnng zu einem Brei verarbeitet ist, daher sehr bildsam, durchlässig und nach der Trocknung rissefrei bleibt. Ist ein Gegenstand in seiner Formgebung aufgemauert und danach mit Lehm zur Verdeckung der Steine und Unebenheiten, als erster Überzug, ausgeglichen, so erfolgt nach der Trocknung dieses Formgestelles, das Aufbringen der Masse oder Sandlehmes. In diesem Sandlehme wird die wirkliche Form, welche das Gußstück erhalten soll, einschabloniert; er vertritt also in der Lehmformerei die Stelle des Modellsandes der Sandformerei. Es ist noch sehr zweckmäßig die Masse mit reichlichst feinstem Koksmehl zu versetzen, alsdann vertritt dieses die Stelle, welche der Kohlenmehlzusatz im Modellsande einnimmt. Die Gußstücke werden schön in Farbe und Ansehen. Ein Kohlenzusatz statt des Koksmehles darf nicht stattfinden, denn die Lehmstücke sind stets starkwandig und durch das starke Trocknen der Formen in den äußeren Formflächen undurchlässiger als eine Sandform und es kann daher eine plötzliche, große Gasentwickelung leicht schädlich wirken und je nach der Kompliziertheit der Stücke ein Festsetzen von Gas und Blasen auch Hohlstellen erzeugen.

Die Schlichte. Sie ist ein Gemisch von feuerfestem Tiegelmehl, Quarz- oder Schamottemehl, welches mit etwas Tonerde und Wasser plastisch gemacht ist. Für starkwandige Gußstücke oder für solche, bei denen man einen großen Wert auf das Gelingen und schönes Aussehen legt

und welche mittelst Schablonierung hergestellt werden also kostspielig sind, bringt man auf die vorher beschriebene Masse, nach Wiederanfeuchtung derselben, noch einen weiteren, dritten Überzug, die Schlichte, in einer Stärkewahl von 10—20 mm. Da alle Formen in der Eisengießerei noch mit einem Wärmeschutzmittel als Holzkohlenstaub oder Graphit vor ihrem Abgusse überzogen werden, so kann man die Schlichte als ein Hilfs- und Unterstützungsmittel für die nachfolgende Graphitauspinselung betrachten, denn der Graphit in seiner gewöhnlichen Unreinheit — er besitzt in der Regel 50—60% Bergmittel und dabei schädlich auf das flüssige Eisen einwirkende Stoffe aller Art — bietet für das Aussehen, das Anfritten der Gußstücke, besonders bei stoffwandigen und über 80 mm reichenden Stärken, keine Garantie; denn ist der Graphit zersetzt, so kommt alles nur auf die darunter befindliche Lage und deren Wiederstände an. Für den Stahlguß ist eine solche Schlichte wesentlich, wie überhaupt auch ein starkes Trocknen, Brennen derselben in Hitzegraden bis 400° C. Häufig kann man in einer Schablonenform den dritten Ausstrich mit Grobschlichte sparen; beim Fertigstellen und nach etwas Antrockenen arbeitet man über die Masse eine feinere, womöglich mit Graphit durchsetzte Feinschlichte, mit etwas Ton pinselfähig gemacht, in einigen Millimetern Dicke nach. Das Tiegelmehl, weil zumeist aus reineren Graphiten bestehend, ist hierbei in erster Linie das feuersichere Material. Eine solche Form kann, wenn das gegossene Stück ohne Formverletzung daraus herausnehmbar ist, wiederholt mit eventuellen kleinen Ausbesserungen zu weiteren Abgüssen benutzt werden, wie es in den Betrieben des Verfassers bei Rohren von 40—50 cm Diam. und 4—5 cm Wandstärken mit Erfolg gehandhabt worden ist. Daß man statt der zusammengesetzten Schlichte auch je nach den Anforderungen nur einfache Schlichten, als beispielsweise reines Schamottemehl mit etwas Ton und Wasser plastisch gemacht, anwenden kann, ist begreiflich.

Man schabloniert statt in Lehm und Masse auch

direkt im Sande, insbesondere solche Gegenstände, welche keinem hohen Gießdrucke unterworfen sind, also Flachgegenstände, wie Seilscheiben, Räder und dergleichen. Der gewöhnliche alte Gießereisand wird zu diesen Zwecken mit etwas neuem, fetten Sande gut plastisch gemacht und vertritt sonach die Stelle der Masse. Je nach den Gegenständen und den Anforderungen, welche man an dieselben stellt, kann man wie beim Lehmgusse auf diese erste Formgebung direkt eine Grobschlichte aufbringen. Vielfach wird diese erspart und arbeitet man nur die pinselfähige Feinschlichte auf. Auch der Schlichte mischt man gern etwas Koksmehl bei.

II. Das Stäuben und Schwärzen der Formen.

Alle Gußformen werden nach ihrer Fertigstellung noch mit einem Schutzmittel gegen den Hitzeangriff des flüssigen Eisens versehen. Es gibt Sande, welche bei dünnwandigen Gegenständen ohne diese Schutzmittel einen Abguß vertragen können, gleichwie man auch dafür beim Formen in Schlammkohle dieselben nicht anwendet. Die Schutzmittel bestehen im Stäuben und Schwärzen der Formen.

Der Staub besteht aus feinst gemahlenen Holzkohlen oder Graphiten oder aus Gemengsel der beiden, manchmal auch mit Kokszusatz. Der Staub heißt „leicht“ wenn er aus Nadelholzkohlen und „schwer“ wenn er aus Laubhölzern gewonnen ist.

Alle kleineren Gußstücke und solche, an welche nicht besondere Anforderungen gestellt werden und welche auch nicht mittelst Schablonen, ohne Modell, hergestellt werden, stäubt man. Alles Stäuben bewirkt ein Aufsaugen der an der Oberfläche des feuchten Formsandes haftenden Wasserteilchen und deren raschen Verdunstung, insbesondere aber eine feuersichere Mantelung des Sandes gegen die Einwirkung des flüssigen Eisens. Feuchtigkeit der Form ist für das Stäuben und das Einpolieren des Staubes in die Form-Oberflächen unerläßlich, da sonst der Formsand den Staub nicht aufnimmt. Die Anwendung des Staubes, ob

„leicht“ oder „schwer“ hängt mit den Stoffstärken der Gußstücke und deren Hitzeangriffen innig zusammen. Man wendet den „leichten“ Staub, wozu auch solcher aus Koksgemisch rechnet, bei dünnwandigen und den „schweren“, wozu der Graphit zählt, bei starkwandigen Gegenständen an. Bei figurellen Gegenständen, bei welchen das Einpolieren des Staubes mittelst der Formerwerkzeuge sich nicht gut ermöglichen läßt, drückt man das Modell nach erfolgter Bestäubung der Form, wieder in diese hinein und stampft die Form nochmals nach; dadurch wird der Staub in die Form eingepreßt. Bei ganz gewöhnlichen, groben und Herdgußgegenständen, bei welchen es auf das Aussehen nicht ankommt, verwendet man statt des Staubes den sogenannten Streusand. Er ist der unmittelbar mit dem flüssigen Eisen in Berührung gekommene Form- und Modellsand, welcher vollständig mürbe und entgast ist und mittelst eines Feinsiebes über die Gußform gestreut wird. Er bewirkt, da er ganz trocken zur Streuung gelangt, eine Wasserentziehung der Form und deren Abgabe an die Luft. In ähnlicher Weise wirkt der Koksstaub, welcher für sich angewendet nur rauhe Oberflächen an den Gußstücken erzeugt. Man mischt den leichten Nadelholzstaub, welcher sich nicht gut mit dem feuchten Formsande verbindet, gern mit etwas Koks, wodurch sich das Einpolieren erleichtert und er nicht so leicht abschülpt. Für flache, kleine und ganz dünnwandige Gegenstände wandte man früher das Stäuben mit feinstem Mehle aus gebrannten Ziegeln an, wodurch ein besonderes Aussehen erzielt wurde, wie auch mit Kartoffel- und Weizenmehl. — Koks erzeugt eine schmutzige; Holzkohlenstaub eine schwarze, glatte; Ziegelmehl eine helle; Kartoffel- und Weizenmehl eine silberglänzende Gußfläche.

Der Graphit kann als Staub nur in Verwendung mit schwerem Holzkohlenstaub kommen, da er sich sonst nicht in die feuchte Form einpolieren läßt und an dem Polierstahl hängen bleibt. Wo man mit starkwandigen Gußstücken zu tun hat, wendet man nach der Graphistäubung

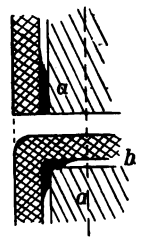
noch häufig das An- und Abtrocknen der Form mittelst Feuer oder heißer Luft an.

Die Schwärze. Gegenstände, welche in getrockneter Form, besonders aber solche, welche mittelst Schablonen hergestellt werden, in Sand oder Lehm, erhalten einen Überzug in Schwärze. Sie besteht in einem pinselfähigen Wassergemisch von Graphit, welcher mit Holzkohlenstaub, Koksstaub und Ton vermischt, je nach dem Verwendungszwecke, eine „leichte“ oder „schwere“ Schwärze ergibt. Die Wahl der Schwärze hängt auch hier wie beim Stäuben von den Anforderungen an die Gußgegenstände ab. Man hat zu berücksichtigen, daß der Graphit die Grundlage für die Feuerbeständigkeit der Form und gegen den Hitzeangriff des flüssigen Eisens bildet. Der Graphit an und für sich, möglichst rein von Bergmitteln und daher Kohlenstoff-reichst, kann als letzter Überzug der Gußformen nicht in Betracht kommen, da er bei der Trocknung rissig wird; er muß stets mit „schwerem“ Holzkohlenstaub, Laubholzstaub, vermischt sein, wodurch das Rissigwerden verhindert wird. Ein möglichst reiner Graphit ist nicht pinselfähig, er ist zu mager und muß daher mit soviel Ton vermischt werden, bis er pinselfähig geworden ist. Formgegenstände, welche einer solchen „schweren“ Schwärze nicht bedürfen, insbesondere weil auch der Preis des Graphites, bei einem Gehalte von weniger als 50% Unreinigkeiten, Bergmittel aller Art und toniger Bestandteile, prozentual steigt, bepinselt man mit „leichter“ Schwärze, bestehend aus geringwertigem, kohlenstoffarmem Graphite, gemischt nach Bedarf mit mehr oder weniger Koksstaub und mit mehr oder weniger Holzkohlenstaub versetzt. Eine innige Mischung aller dieser Gemengsel, vor wie unmittelbar beim Gebrauche, ist durchaus geboten, da sonst die einzelnen Bestandteile der Mischung nach ihrer Schwere sich ablagern und nach ihrer Anwendung eine ganz verfehlte Wirkung hervorbringen können. Wird eine Schwärze in reichlicher Menge und stark konzentriert in eine Gußform eingestrichen, so nennt man diese verdickte Schwärze gemeinhin „Schlichte“. —

Schwärze aus reinem Holzkohlenstaub ist nicht anwendbar. Sie bildet eine Haut, welche leicht der Zerstörung unterworfen bleibt und daher Schülpen verursacht; eine Mischung mit Koksstaub hilft diesem Übelstande etwas ab. Für schwere Gußstücke bleibt eine solche Schwärze ausgeschlossen.

Die Schwärzen werden auf die Gußformen mit dem Pinsel aufgestrichen entweder vor deren Trocknung, wenn dieselben noch feucht oder nur lufttrocken geworden sind, oder aber nachdem die Formen getrocknet waren und eventuell noch etwas warm sind. Das letztere Verfahren ist das bessere, beim ersteren streichen sich immer Lehm- oder Sandteilchen mit den Pinselstrichen auf und gelangen in die Schwärze, wodurch dieselbe naturgemäß nicht verbessert wird.

Wie weit man mit der Anwendung von Schwärze gehen kann, welche aus dem gewöhnlichen Gießerei-Graphit mit 50 % tonigen Bergmitteln hergestellt ist, diene folgendes Vorkommnis: Verfasser goß zur Herstellung eines schweren Bessemer Stahlblockes die dazu benötigte 8000 kg schwere Kokille. Dieselbe war in Form vierkantig mit gerundeten Ecken. Als Schwärze diente der gewöhnliche, billige Gießerei-Graphit, welcher mit Koks, Pferdedünger, Holzkohlenstaub, Ton und Wasser nach alter Methode heiß geschlämmt, hergestellt war.



Der Lehmkern a war mit Tiegelmasse übermantelt, worauf 2—3 mm dick die Schwärze b aufgestrichen war. Die Kokille hatte eine Höhe von 1,5 m und die Wandstärke betrug in den Ecken 150 mm. Nach erfolgtem Gusse, welcher stehend bewirkt war, zeigten sich in den vier Ecken bei dem Entfernen des Kernes, gußeiserne Schalen, welche genau die Stellen der daselbst vorhanden gewesenen Schwärze ausfüllten. Die Schalen hatten genau die Dicke der Schwärze, waren 0,5 m hoch und verliefen

seitlich und nach oben scharf sich verjüngend; sie zeigten beiderseits genau die Striche des Pinsels mit welcher die ursprüngliche Schwärzemasse aufgetragen war. Die Schalen sind in der Figur mit Schwarz kenntlich gemacht. Der übrige Schwärzeanstrich der Kokille hatte sich tadellos erhalten. Die Analyse der gußeisernen Schalen ergab: 2,63 % Silicium, 0,26 % Phosphor, 92,32 % Eisen. Der große Hitzeangriff in den vier Ecken hatte vermutlich zuerst die Unreinigkeiten und Zutaten zur Schwärze aufgezehrt oder war Verbindungen damit eingegangen und schließlich die gering vorhandene Graphitmasse, welche nun allseitig angriffsfähig war, aufgelöst und als Kohlenstoff in das Eisen übergeführt. Mit der Abnahme der Stoffmassen von den Ecken aus und nach oben, verlor sich die Zersetzung der Schwärze bis auf Messerschärfe. Das verwandte Gußeisen war Hämatit von unter 0,1 % Phosphor und da die Schalen 0,26 % enthielten, so muß derselbe die Gelegenheit zu einer Wanderung wahrgenommen haben, da man nicht annehmen kann, daß derselbe in der Schwärze enthalten gewesen sein müßte. Wie vorsichtig man in der Anwendung des Graphites bei Mühe verursachenden Formstücken sein sollte, um Wrackgüsse zu verhüten, erhellt aus folgenden Analysen, welche ein westfälisches Stahlwerk daraus erzielte. Es waren die Rückstände geschlemmter Graphite aus: Müglitz 59,8 %, Krumau 49,65 %, Prag 48,30 %, Steiermark 43,50 %, Budweis 35,60 %, Rohgraphit 23,10 bis 26,60 %.

Man ersieht hieraus, daß die gewöhnlichen, billigen Graphite bis 60 % Bergmittel — Unreinigkeiten aller Art — welche nichts weniger als feuerbeständig sein können, enthalten und wie man bei der Verwendung solcher billigen, geringwertigen Graphite oft das Gegenteil von dem erreichen kann, was man bezweckt. Gibt es doch Graphite, deren Beimischungen beim Gießen eine vollständig aufbrausende Wirkung hervorbringen. Häufig sind über 12 % Eisenoxyd und ca. 4 % Schwefelkies in den billigen Graphiten

enthalten, alles Stoffe von recht schädlichen Wirkungen; siehe noch Analysen Seite 10.

Bei allen in der Eisengießerei in Betracht kommenden feuerschützenden Stoffen nimmt die Kieselsäure und der Graphit die erste Stelle ein. Quarzmehl, gute Form- und Klebsande enthalten 90—97 % Kieselsäure und gute Schmelztiegel bestehen meist nur aus Graphit und Kieselsäure. Schamotte ist eine Verbindung von Kieselsäure mit Tonerde und nimmt daher die zweite Stelle ein. Alle Beimischungen zu diesen Stoffen haben in der Gießerei nur den Zweck, dieselben den Anforderungen gemäß, gebrauchsfähig zu machen. Stets bleibt zu beachten, daß Bestandteile wie: Eisenoxyde, Schwefel- und Kalk besonders in den Schwärzen, dem Ton und dem Graphite ganz vermieden werden sollen, da dieselben Verbindungen mit dem flüssigen Eisen eingehen. Die alten Verfahren zur Herstellung von Schwärzen, wo der Urin, Dünger, Roggen- und andere Mehle eine Rolle spielten, kann man bei den heutigen Anforderungen, welche an die Gießereien gestellt werden, als abgetan betrachten.

III. Surrogate, Mischungen für Masse, Kerne, Schwärzen.

Als Surrogate der Schwärzen kann man alle Beimischungen derselben, welche in weniger feuerbeständigem Materiale bestehen, bezeichnen, als: Mehle aus Kartoffeln, Roggen, Hülsefrüchten, die Melassen wie auch Urin, Düngerstoffe und selbst das Koksmehl. Solche Schwärzen werden zum Gebrauche entweder heiß geschlemmt oder zu einem innigeren Gemische zusammen gekocht. Sie zeichnen sich günstig dadurch aus, daß sie sehr plastisch, bildsam und glättefähig sind. Für Gegenstände, welche eilig herzustellen sind, wo ein Trocknen der Formmasse und deren Schwärzung, insbesondere aber einer Formeinlage — eines Kernes — geboten, aber nicht möglich ist, benutzt man

eine Schwärze aus streichfähigem Graphite, welcher mit Petroleum statt mit Wasser angemacht ist. Letztere auf die feuchten oder nur angetrockneten Flächen aufgetragen, verflüchtet sich rasch und die Rückstände verbinden die Formflächen mit dem Graphite innig und gut. Die Mischung des Petroleums mit dem Graphit muß allmählich erfolgen und bedarf es einiger Übung, dieselbe zu bewerkstelligen. Auch Steinkohlenteer auf etwas angetrocknete Formen gestrichen, hat sich bewährt, jedoch verlieren die Gußgegenstände vielfach das Ansehen und werden fleckig. Kleine Kerne, selbst auch Eisenkerne, kann man behufs leichten Lösens einfach aber stark mit Petroleum bestreichen und bietet die zurückbleibende Kruste genügenden Schutz. Man wendet dieses Verfahren bei den Kernen und Einlegeringen der Granaten an.

Kerne, Sand- wie Lehmkerne behandelt man in ihrer Formvollendung genau ebenso wie die Gußformen selbst. Da eine Gußform dieselben frei und schwebend oder mit geringen Stützpunkten enthalten muß, so sind dieselben in ihrem Innern mit einem Gestelle aus Steinen, Eisen oder Drahtverflechtungen ausgerüstet, und wenn Rohrkerne, dann mit einer schmied- oder gußeisernen Spindel versehen. Es gibt aber auch Kerne, welche man mit einer solchen Ausrüstung für Druck, Biegung und Haltbarkeit nicht versehen kann, oder solche, welche nach dem Guße sich leicht entfernen lassen müssen, demnach ein Gestell nicht besitzen dürfen. Bei Hohlgüssen, wie beispielsweise solcher von Dampfkolbenkörpern und Zylinderdeckel, ist es erforderlich, daß die eingeschlossenen Kerne nach dem Gusse vollständig zerfallen und aus einer kleinen Öffnung, welche für den Abzug der Gase gelassen worden war, herausrieseln gleich wie Streusand. Es werden zur Herstellung solcher Kerne, welche also in getrocknetem Zustande äußerst fest, widerstandsfähig und doch durchlässig sein müssen, Stoffe und Mischungen in unglaublicher Menge angeboten. Fast alle beruhen in der Verwendung von „Melasse“, wie solche von jeder Zuckerfabrik erhältlich ist. Sie ist ein Rückstand

von ausgepreßtem Zuckersaft (Rüben), welcher durch Kochen eingedampft und dann in Zentrifugen derart geschleudert wird, daß der flüssig gebliebene Syrup sich vom Zucker trennt. Den abgeschleuderten Syrup nennt man „Melasse".

Die Anwendung der Melasse ist stets an gewisse, erfahrungsgemäße Mischungs- und Behandlungsweisen gebunden, sonst erreicht man damit die gewünschten Vorteile nicht. So darf der zur Verwendung kommende Kernsand weder fett noch mager, weder zu fein noch zu grob sein. Meist wird weisser Sand gewählt für 1 mm Maschenweite der Siebe; derselbe muß vollständig getrocknet sein und nachdem die Trockenwärme wieder verschwunden ist, muß seine innige Mischung mit der Melasse bewirkt werden in etwa 1 Gewichtsteil zu 25 Sandteilen durch häufiges Durcheinanderarbeiten. Die Mischungsverhältnisse, die Sandqualität, die Temperatur, in welcher die Mischung erfolgt, und meist nicht unter Zimmerwärme sein darf, ist nach den damit gemachten Erfahrungen zu beachten, ebenso wie das Formen der Kerne selbst. Das Trocknen der Kerne erfordert Vorsicht und da keine Feuchtigkeit in denselben vorhanden und die leimartige Melasse das Bindemittel ist, so ist auch die Trocknung eine sehr rasche und ein wenig oder zuviel von gleichem Übel, denn entweder schülpt der Kern beim Gusse ab oder die Bindemasse wird zerstört und der Kern zerfällt dann leicht in sich und hat seine Festigkeit verloren. Das Schwärzen der Kerne darf nur in kaltem Zustande bewirkt werden und müssen dieselben danach wieder nachgetrocknet werden; auch muß man vermeiden, auf die Kerne den flüssigen Eisenstrahl zu leiten. Bei den dem Verfasser bekannt gewordenen Verfahren bedingt die Bindemasse, um nicht zu frühzeitig zu zerfallen, nur eine gewisse Höchstwärmemenge, so daß die Anwendung solcher Kerne für starke Stoffwandungen bei Gußstücken ausgeschlossen bleibt und diese 25—30 mm Stärken nicht überschreiten sollen.

Es empfehlen Zellstofffabriken ihre Ablaugen, auf auf 36/38° Bé eingedickt, mit altem Formsande gemischt,

für durchlässige, widerstandsfähige Kerne, welche nach dem Gusse als Streusand abrieseln. Dr. H. Nördlinger in Flörsheim a. M. offeriert ein Öl, wovon 1 Teil auf 15 Teile alten, gemischten oder Flußsand, getrocknet bei 190—210° C., feste und poröse Kerne liefert, welche nach dem Gusse zu Streusand zerfallen. Nach dem Reichspatent Nr. 101 330 des Niederrheinischen Eisenwerkes zu Dülken, werden außer Stärkeabfällen noch mehlige Hülsenfruchtabfälle mit Dextrin zur Anwendung gebracht. Nach dem Reichspatent Nr. 129 930 wird das Mehl gekochter Kartoffeln mit 5- bis 10fachem Gewichte von gutem, altem Formsande in inniger Mischung und in einer weiteren Behandlung wie gewöhnliche Kerne empfohlen. Diese Masse ist warm leicht knetbar und zerfällt nach dem Gusse zu Pulver. Die Kerne sind sehr fest und hornartig und schwinden oder treiben beim Gusse nicht.

Bei der Anwendung, der so reichlich empfohlenen Kernmittel muß man recht vorsichtig sein, denn meist sind sie geneigt rasch Wasser anzusaugen. Kommt man in die Lage ein Gußstück alsdann nicht rasch abgießen zu können und muß den Guß verschieben, so gefährdet die große Wasseraufnahme die Kerne in hohem Grade. Zu beachten bleibt auch der Verwendungszweck, ob man nach dem Gusse den Kern als rieselnden Streusand, oder als gut löslichen Formsand oder Kernmasse nur wünscht, denn in letzterem Falle kann der Sand und die Mischung zur Kern- oder Formsandbereitung feucht und wasserhaltig erfolgen und der flüssige und leimartige Melassezusatz ein geringer werden. Auch gute Schwärzen können mit der „Melasse“ hergestellt werden, wenn man in den nachfolgend aufgeführten Schwärzen vor der Mischung derselben mit Wasser ein Mengeteil Melasse, Kernöl, Kernleim, zusetzt. Die mit Melasseleim hergestellten Kerne ziehen nach guter Trocknung keine Feuchtigkeit an.

Spezial-Schlichte (Streichmasse) als Auftrag auf die Masse bei Lehmguß oder auf den Sand beim Schablo-

nieren in demselben, sind auf folgende Mischungen für Eisen- oder Stahlguß Patente erworben worden:

I. P. Nr. 28267		II. P. Nr. 28314	
Tiegelschalenmehl . .	25%	Schamotte	12,5%
Schamottemehl . . .	46,3 „	Schamottesteinmehl . .	50,0 „
Grüner Formsand . .	12,5 „	Koksmehl	12,5 „
Gemahlener weißer Ton	12,5 „	Gemahlener weißer Ton	12,5 „
Pottloh (Graphit) . .	3,5 „	Pottloh	6,25 „
		Gips	6,25 „

III. P. Nr. 28315

Tiegelschalenmehl	25%
Schamottesteinmehl	46,5 „
Grüner Formsand	9,75 „
Gemahlener weißer Ton . . .	12,5 „
Pottloh	6,25 „

auch als Pinselschwärze.

Aus den Zusammensetzungen ist ersichtlich, daß der Graphit, selbst in der Pinselschwärze gemieden ist. In der Hauptsache bleibt der Graphit in seiner Reinheit als Schutz gegen Hitzeangriffe das beste Material und ist es sehr zweckmäßig denselben möglichst rein an fremden Bestandteilen zu beziehen und demselben diejenigen Stoffe beizumischen, welche ihn zur Verwendung als Schwärze geeignet machen. Verfasser hat 15 Jahre hindurch aus Versuchen folgende Mischungen für zweckentsprechendste, nicht reißende, nicht schülpende und sich auch nicht zersetzende Schwärzen gefunden und für die größten vorkommenden Stoffstärken angewandt. Diese Schwärzen wurden auch laufend für scharf getrocknete Sandformen und Sandkerne, bestehend in 1/4 neuem und 3/4 altem Sande in verdickter Weise als Schlichten und Schwärzen zugleich aufgepinselt, ohne daß die Form- oder Kernstücke mit einer Schlichte erst versehen gewesen wären:

1/4 Eimer feinst gemahl. feuerf. weißen Ton
2 Eimer feinst gemahl. Graphit von 95% Kohlenstoff
1 1/4 Eimer feinst gemahl. Buchenholzkohle

Die Graphitpreise ab Böhmen betrugen pro 100 kg beim Kohlenstoffgehalte:

56	60	65	70%
5,50	6,80	16	22 M.

Der italienische Graphit ist nicht geschlemmt, hat 70% Kohlenstoff und kostet nur 9,70 Mk.; er ist leicht, unreif und wenig brauchbar.

Über Formsand respekt. Modellsand war ein Patent Nr. 32581 erworben als erste Überstampfmasse der Modelle für Gegenstände aus Flußeisen:

24—30 000 ccm scharf gebrannter pulverisierter feuerfester Ton,

1000 ccm Zucker in 2 Liter Wasser gelöst und mit 1/7 Liter Parafinöl vermengt.

Alles gut durcheinander gearbeitet und gesiebt. Der Ton muß frei sein von Kiessand, Kalk, Magnesia, auch darf kein Holzkohlen- und Kohlenstaub beigemengt werden, damit kein Kohlenstoff an das Flußeisen abgegeben werden kann; die anderen Stoffe befördern die Bildung von schmelzbaren Schlacken, welche an den Gußstücken haften bleiben.

Ist der in obiger Tabelle aufgeführte Graphit von 95% nicht erhältlich, so kann man in folgender Weise sich andere Mischungen in Volumenteilen fertigen:

I Graphit: 95% Kohlenst.			II Graphit 70% K.		
1 Teil Ton	= 1,0	1,4	Kein Ton	= 2,7	2,7
8 „ Graphit	= 0,4 = 7,6	12,6 Kohlenst.	9 Teile Graphit	= 6,3	11,3 K.-St.
5 „ Laubholzst.	= 5,0		5 „ Laubh.-K.	= 5,0	

III Graphit 63% K.

Kein Ton	—	3,7
10 Teile Graphit	= 3,7 = 6,3	
5 „ Laubh.-St.	= 5,0	11,3 K.-St.

Die Schwärze III, bei welcher die tonige Substanz schon gegen I um 3,7—1,4 = 2,3 Teile überwog hatte sich noch gut bewährt. Es bildete sich jedoch mit der Zeit ein schwerer Rückstand, welcher schlecht mischbar wurde und daher zu anderen Zwecken Verwendung finden mußte. Mit etwas Koksmehl vermischt, bilden solche Rückstände gute Streichmassen zur Schablonierung.

Zum Schwärzen großer trockener Kerne koche man ca. 159 Gramm Dextrin in Wasser auf und gieße dieses n ca. 200 Liter Graphitschwärze. Es wird dieses gegen das Schülpen und Anbrennen empfohlen; desgleichen für Kerne: 100 kg schwarzer, trockener Modellsand, gemischt mit 0,5 kg Dextrin und ein wenig Steinkohlenstaub, mit Wasser angefeuchtet zur genügenden Bildsamkeit. Die Kerne müssen langsam trocknen und nicht verbrennen. Im letzteren Falle ist mit in heißem Wasser gelösten Dextrin nachzustreichen.

IV. Die feuerfesten Steinmaterialien.

Man unterscheidet an feuerfesten Materialien die künstlichen und natürlichen.

I. Natürliche sind:

a) Die Sandsteine, deren Quarzkörner mit einem quarzigen Bindemittel zusammen gehalten werden; weniger gut sind solche, bei denen der Ton das Bindemittel ist. Schädlich wirkt Kalk- und Eisengehalt. Ihren Hauptbestandteil bildet demnach die Kiesel-Säure.

b) Magnesiasteine, hergestellt aus Dolomit, Bauxit, Talkschiefer, Chloritschiefer, Serpentin, Magnesit. Je eisenfreier die Bestandteile sind, desto wertvoller.

II. Künstliche:

a) Schamottesteine. Sie bestehen aus feuerfesten Tonen — Verbindungen zwischen Kieselsäure und Tonerde — welche zur Erhöhung besonderer Eigenschaften mit Quarzsand, Kohle, Koks oder Graphit gemischt werden. Gehalte an Schwefel, Eisenoxyd, Kali, Kalk, Magnesia, wirken nachteilig.

b) Feuerfeste Masse. Sie besteht aus Quarzsand oder Schamottemehlen mit soviel Tonmehl vermischt, als zur Bindung notwendig ist — $^1/_{10}$ und mehr.

c) Feuerfester Mörtel. Man verwendet dazu, je für die verschiedenen Zwecke, mehr oder weniger feuerfeste Tonerde, häufig oft hochfeuerfeste von 90% und mehr Kieselsäuregehalt, welche jedoch nicht fest werden. Empfohlen wird ein leicht sinterndes Material, das aus Kalk, Sand und Zement hergestellt ist. Zweckmäßig ist es infolge der verschiedenen Eigenschaften der feuerfesten Steine, dieselben nicht zu groß zu wählen und die Mauerfugen auf das geringste Maß zu bemessen. Große Steine trocknen ungleichmäßiger als kleinere und sind daher oft ungleich durchgebrannt.

Von den in der Eisengießerei in Anwendung kommenden feuersicheren Materialien verlangt man: entsprechende Feuerbeständigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen die chemischen Einflüsse der Heizgase und Schlacken, sowie Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel, Schwinden, Aufblähen, Springen.

Quarzsteine aus reinem Quarze mit über 90% Kieselsäure sind von höchster Feuerbeständigkeit aber auch geringster Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturunterschiede — sie springen leicht. Die besten kieselsäurereichsten Quarzsteine nennt man „Dinassteine". Man fertigt die Dinassteine, der Festigkeit wegen, mit etwas Kalkzusatz und sie heißen dann „englische", oder mit Tonerdezusatz und nennt sie „deutsche".

Schamottesteine halten im Temperaturwechsel besser als Quarzsteine. Das spätere Nachschwinden wird durch das Brennen des feuerfesten Tones in hoher Temperatur verhütet. Schamottesteine schwinden in hoher Temperatur, Quarzsteine dehnen sich aus; auch sind erstere gegen chemische Einflüsse widerstandsfähiger als letztere. Gebrannter, feuerfester Ton verliert beim Brennen an Volumen und seinen Wassergehalt, wird fest und dicht, und heißt dann „Schamotte".

Die Schamottesteine bereitet man aus einem Gemenge von zerkleinerter Schamotte mit rohem Tone, häufig noch mit Zusätzen von Quarz, Graphit, Koks etc., welches Ge-

misch zu Steinen geformt und stark gebrannt wird. Die Aufbewahrung der Schamottesteine muß an einem geschützten Orte erfolgen, da sie sonst leicht verwittern und beim Gebrauche sich als mürbe, bröckelig erweisen.

Man verwendet:

Quarzsteine für hohe Temperaturen. Die „englischen" Dinas für die Gewölbe der Siemens-Martin Öfen; die „deutschen" Dinas aus Quarzit mit wenig Ton, zu Böden der Bessemer Birnen sowie zu Puddel- und Schweißöfen, wie überhaupt zu Gewölben. Die Dinassteine enthalten im Mittel: 95—98 % Kieselsäure, 1—1,4 % Tonerde, 0,7—1 % Eisenoxyde und Alkalien, 0—2 % Kalkerde.

Die Kieselsäure ist eine Siliciumverbindung mit Sauerstoff.

Schamottesteine, beste, zu Kupolöfen der Eisengießereien, zu Gußstahl-, Flamm- und Tiegelöfen wie zur Mauerung der Hochöfen, bei welchen Quarzsteine, oder Quarzzusätze zur Schamotte, wegen der chemischen Einwirkung der Gase, ausgeschlossen sind; weniger gute: zu Generatoren, Koksöfen, Ofenfuttern, Feuerschächten etc.

Gute Steine enthalten im Mittel:

65 % Kieselsäure, 30 % Tonerde, 2,5 % Eisenoxyde, 1—2 % Alkalien.

Geringe Steine enthalten mehr Tonerde (Aluminiumverbindungen) und weniger Kieselsäure (Siliciumverbindungen). Die Aluminium-Verbindungen bilden den wesentlichen Bestandteil des Tones und somit das Ausgangsmaterial der Schamotte-, Ton- und Porzellanwaren.

Der Ton ist ein Verwitterungsprodukt von Granit, Porphyr, Gneis, deren Bestandteile hauptsächlich Quarz, Glimmer und Feldspat sind. Infolge von Zersetzungen bildet der Ton ein Aluminium-Silikat, dessen Hauptbestandteile Kieselsäure und Aluminiumoxyd (Tonerde) sind. Die chemisch reine Tonerde ist bedeutend feuerfester als die chemisch reine Kieselsäure. Dagegen ist die kieselsaure Tonerde (Schamotte) weniger feuerfest als die reine Kieselsäure.

Magnesitsteine und Dolomit bilden in der Stahlindustrie das basische Ausfutterungsmaterial der Öfen, „Magnesit“ ist kohlensaure Magnesia, und „Dolomit“ eine Verbindung dieser mit Calciumkarbonat und besteht im Mittel aus 55 % kohlensaurem Kalk (55 % = 30,8 Ca O) bis 42,5 % kohlensaurer Magnesia, 2,14 % Kieselerde, 0,62 % Tonerde und Eisenoxyd. „Basische Schamotte“ nennt man einen Dolomitbrei, welcher in hoher Temperatur scharf gebrannt und dann gemahlen die sogenannte Converterspeise bildet, welche durch das Brennen von ihrem Gehalt an Kohlensäure befreit ist. Wird dieser Brei, welcher mit einem Bindemittel von heißem, wasserfreiem Teer gemischt wird, in eisernen Formen und unter ca. 300 Atmosphären gepreßt, so erzeugt man Steine, die zur Ausmauerung der Bessemer Birnen das sogenannte „basische Ofenfutter“ bilden. In einem solchen Ofenfutter entsteht durch Zuschlag von gebranntem Kalk eine basische Schlacke auf dem Schmelzgute, die den Phosphor des Roheisens aufnimmt und verschlackt. Würde das Ofenfutter aus Kieselsäure haltigem Materiale bestehen, so würde die Schlacke diese auslaugen und daher nicht basisch wirken können und somit den Phosphor des Roheisens nicht aufnehmen. Das letztere, das sogenannte „sauere Verfahren“ findet daher nur für phosphorarmes Roheisen bei der Erzeugung von Flußeisen oder -Stahl Anwendung. Für den Kupolofenbetrieb ist die Verwendung solchen Materiales ausgeschlossen, da der „Brei“ (Teerasphalt) nicht rasch genug sich verkoken kann und wegbrennt, wodurch die übrige Masse verbröckelt. Dagegen sind die basischen Magnesitziegel von größerer Feuerbeständigkeit als die Tone; sie können jedoch im Kupolofen den Reibungswiderständen der niedergehenden Gichten nicht widerstehen und bröckeln ab. Gebrannte Ziegel haben ca. 9,4 % Kieselerde und 4,1 % Tonerde und Eisenoxyd. Auch soll die Zerstörung von basischem Ofenfutter mit der Roheisen-Zusammensetzung eng verknüpft sein und Silicium haltiges Eisen das Futter rasch zerstören infolge der chemischen Aktion. „Basen“

nennt man die Verbindungen des Wasserstoffes, welche sich mit Säuren unter Bildung von Wasser zu Salzen umsetzen.

Kupolofensteine. Als beste Steine für die Ausfutterung von langdauernd gehenden Kupolöfen hat nur der Quarz-Schamottestein, ein Gemisch von $^2/_5$ Quarz mit $^1/_3$ Ton (Schamotte) sich bewährt. Quarz- und Tonsteine werden von Mangan stark angegriffen, daher man beim Hochofenbetriebe auch „Graphit-" und „Koksteine" anwendet. Diese Materialien werden mit Teerasphalt (Brei) plastisch gemacht. Damit diese Materialien nicht sofort verbrennen, sondern sich langsam in eine Schlackenbildung verwandeln können, werden sie vor dem Gebrauche mit einer Schamottemasse überkleidet. Ihre Anwendung im Kupolofenbetriebe, welcher meist nur einige Stunden währt, ist daher in den meisten Fällen ausgeschlossen.

Kohlensteine sind halbfeuerfeste Steine, welche aus den Kohlenhalden, aus den Bergmitteln einiger Kohlenzechen in Westfalen, hergestellt werden. Sie sind gewöhnliche Preßsteine, schön in Form und scharf gebrannt. Ihr Aussehen ist dunkelrot. Man verwendet dieselben mit großem Vorteile zum Wärmeschutz aller Art; insbesondere sind dieselben zur Ausmauerung von Essen, wie auch für die obere Ausmauerung der Kupolöfen, oberhalb der Schmelzzone, sowie zu Feuerungen und zum Bau der Trockenkammern oder Brennöfen sehr zu empfehlen. Ihr Preis ist in der Regel nur Mk. 2 pro 1000 Stück höher als derjenige guter Backsteine.

V. Die Wärmeschutzmittel.

Zur Fernhaltung der Hitzeangriffe und der Zerstörung der Materialien, aus denen die Formen in der Eisengießerei gebildet werden, kommt es vornehmlich darauf an, daß sie möglichst unverbrennbar, mithin dem Hitzeangriff widerstehen können. Die Materialien dagegen, bei deren Anwendung man nur einen Schutz gegen Wärmedurchlässigkeit und deren Fortpflanzung wünscht, sind naturgemäß nicht

unbedingt dieselben. Sie sind immer Umhüllungsstoffe, welche große Anwendung finden, insbesondere bei den Dampfleitungen. In der Gießerei sind sie nur von Wert, als die Türen der Trockenkammern, welche je nach den Anforderungen der Trockengegenstände Hitzegrade bis 400° C Widerstand zu leisten haben, damit isoliert, bekleidet sein sollten, denn der Wärmeverlust bei den sich in Anwendung befindlichen Blechtüren, von 1½—2 mm starken Blechen, welche fast die ganze Querschnittsfläche eines Ofens besitzen, sind ganz enorme und der Verlust an Heizmaterial — Koks — daher bedeutend. Die geeignetsten Schutzmittel hierfür dürften die Kieselerde (Kieselsäure) sein, insbesondere diejenige, welche als Kieselgur (Infusorienerde) leicht erhältlich ist. Aber auch schon die gewöhnliche Luft, indem man solche Türen doppelwandig, allenthalben geschlossen, mit einigen Luftlöchern zur Verhütung von Spannungen versehen, verwendet.

Für geringe Wärmeangriffe bildet der „Torf", klein gefasert, ein billiges und gutes Schutzmittel. Derselbe kann für nicht sehr hohe Temperaturen entweder lose zwischen einer Umhüllung und dem wärmestrahlenden Körper eingestampft werden oder wird für runde resp. flache Gegenstände in jeder Dimension fertig gepreßt bezogen, wonach das weitere Aufbringen sodann durch Binden mit Draht oder sonstwie zu bewerkstelligen ist. Da der Torf die Eigenschaft hat, neben seinem außerordentlich geringen Leitungsvermögen sich gern mit Feuchtigkeit zu sättigen, welche bis 9 mal soviel als sein eigenes Gewicht betragen kann, so muß diesem Übelstande, da wo solche Vorkommnisse zu befürchten sind, wie bei Umhüllungen von Dampfleitungen im Freien, gesteuert werden. Auch ist für hohe Temperaturen, wie solche in Dampfleitungen von über 150° C, für 5 Atm. Druck vorkommen, ein Schutz gegen den direkten Wärmeangriff notwendig. Man umhüllt daher zuerst mit einem Kieselgur.Anstriche den zu schützenden Gegenstand, darauf bringt man die Torfmasse, welche in mit Kieselgur getränkte Leinwand eingestampft ist, was

mittelst besonderen Formen bewirkt wird. Über diese Torfmasse wird dann noch geteerte Leinwand zur Befestigung und Einhüllung des Ganzen aufgebracht. Eine andere neue und einfache Art besteht darin, daß man den Torf direkt mit Kieselgur und einer Bindemasse plastisch darstellt und so um den Umhüllungsgegenstand bringt. Die in der Luft vorkommende Nässe und Feuchtigkeit ist für diese Masse einflußlos, gleichwie die Temperaturen in den gewöhnlich vorkommenden Dampfspannungen.

Gute Schmiermasse, besonders zum Gebrauch bei Dampfröhren, stellt man her aus;

a) 4 Teilen Kohlenasche mit 1 Teil Ton; und

b) 1 Teil kalziniertem Gips mit 1 Teil Mehl,

Nachdem a) und b) für sich gemischt sind zu einem Brei, mengt man soviel von b) unter a) als zum Streichen tunlich erscheint. Man trägt zuerst eine Lage von $^1/_5$ der Stärke des zu umhüllenden Rohrdurchmessers auf, dann eine zweite Lage in $^1/_{10}$ Stärke. Der Überzug haftet fest in 2—3 Stunden.

Alle Wärmeschutzmittel außer dem Torf, welche bisher zur Anwendung in der Praxis gelangt sind und zu welchen auch die Schlackenwolle zählt, haben sich, so vorzüglich dieselben auch gegen Wärmeverluste schützen, auf die Dauer nicht bewährt. Man rechnet im Mittel 3—4 Jahre Haltbarkeit bis zum Beginne des Verfalls infolge Zersetzung und Zerstörung von Ingredienzien.

Vergleichende Tabelle von Wärmeschutzmitteln.

Haarfilz	1,000	Retorten Holzkohle	0,470
Schlackenwolle II	0,832	Asche	0.345
do. u. Teer	0,712	Koks	0,277
Sägespäne	0,680	Ziegelmehl	0,258
Schlackenwolle I	0.676	Sand	0,136
Holzkohle	0,632	Luft (abgeschlossen)	1,000
Holz	0,553	Asbest	0,400
Tonerde	0.550		

Wie die Zeitschrift „The Engineer“ mitteilt, sind in verschiedenen Fällen Dampf-Rohre, welche mit Schlacken-

wolle umhüllt waren, vollständig zerfressen worden. Die Analysen ergaben einen Gehalt an Schwefel in der Schlackenwolle, welchem die Zerstörung zugeschrieben wurde.

Versuche in der Chemnitzer Zentralwerkstätte der Sächsischen Bahnen, während 4 Monaten, ergaben an Niederschlagwasser in einem 50 mm innen und 70 mm außen weiten Versuchsrohre, bei gleicher Atm. Spannung des Dampfes von 4,5 Atm. pro qm Fläche und Stunde, wie folgende Tabelle zeigt.

Mittel aus einer größeren Zahl von Versuchen.

Art der Schutzmittel	Einhüllungs-Stärke in mm	Niederschlag-Wasser pro qm kg pro Stunde	Oberflächen-Temperatur. Differenz von umhülltem und nicht umhülltem Rohr	Totalkosten pro qm Einhüllung Mk.
Seidenzopf	20	4,15	43,0	11,57
Wergstrick, darüber Strohseil	20	4,31	41,0	6,51
Wergstrick, einfach . .	13	5,15	35,0	2,96
Schlackenwolle . . .	25	4,67	37,5	3,22
Holzbelag	20	4,83	31,5	6,56
Filzstreifen	10	5,03	39,5	2,24
Kieselgur-Kompositionen	12	5,15	29,5	4,34
Maße mit Kokosstrick .	23	6,05	32,2	8,20
Unbekleidet Rohr von 70 äußerer Weite . .	—	8,5	—	—

Um den Einfluß der Rohrweiten auf das Niederschlagwasser-Quantum kennen zu lernen, wurden unbekleidete Rohre angewandt, welche pro qm und Stunde ergaben:

Äußere Rohrweiten in mm:	70	—	160	—	230
Niederschlagwasser in kg:	8,5	—	5,9	—	4,5

mithin verhalten sich die Niederschlagmengen umgekehrt wie die Quadratwurzeln der zugehörigen Rohrdurchmesser.

In Boston angestellte Versuche ergaben, daß Haarfilz, umbunden mit billigem Packtuche, die wirksamste Umhül-

lung war; sodann folgte Schlackenwolle 50 mm stark mit 25 mm Holzlage, worauf 3 Lagen Wolltuch. — Stroh mit Baumwollenzeug umbunden, war von schlechter Wirkung. Von den Breimassen zeigte sich nur Kieselgur als gut[1]).

Nach Versuchen hat man das relative Leitungsvermögen verschiedener Wärmeschutzmittel wie folgt bestimmt:

Asbest-Kieselgurschnur	0,17—0,26
Weiße Korkschalen	0,16
Kieselaluminit-Schalen	0,13
Plastische Tonmassen	0,12—0,14
Papier-Kieselg.-Masse und Kieselg.-Schnur in Jute	0,09—0,10
Braune feink. Koksschalen und Torfschalen, Bandage	0,07
Seidenzöpfe, Wolle, eingeschlossene Luft .	0,045

Eine Umhüllung von 20 mm in Kieselaluminit-Schalen soll einer Temperatur von 1000° C widerstehen können.

Die besten Umhüllungen sind nach obigem und neueren Versuchen diejenigen, bei welchen der Seidenzopf oder in Verbindung mit anderen in Anwendung gebracht wird; sie gewähren bis 85 % Wärmeersparnis, während die reinen Asbest- und Kieselgurmassen nur 68 %, dagegen ein mit Seidenschnur umhüllter Luftmantel 90 % ergeben, wie durch die Versuche von E. & C. Pasquay, Wesselnheim (Elsass) festgestellt ist, gegenüber nackten Rohroberfl. bei 5 Atm. Dampfdruck.

VI. Kupolofen-Ausmauerung.

Durch die Anwendung kräftiger Druckgebläse, Ventilatoren oder Blowers mit ausgebohrten Gehäusen, für Drucke bis 800 mm Wassersäule, sind die gewöhnlichen Ventilatoren, welche bei längerem Gebrauche nicht Drücke von 200 mm Wassersäule überwinden konnten, fast ganz verdrängt. Die Druckgebläse führen stets eine fest bestimmte Windmenge einem Ofen zu, einerlei ob Hinder-

[1]) Dinglers Journal, Bd. 256, Heft I, 1885.

nisse dafür vorhanden sind. Im letzteren Falle steigt nur der Winddruck. Der gewöhnliche Ventilator wirkt umgekehrt; er kann nicht einen erforderlichen plötzlichen Mehrdruk erzeugen und daher auch nicht bei Hindernissen eine gleichbleibende Windmenge dem Ofen durch entsprechenden Mehrdruck zuführen. Es ergibt sich hieraus, daß der Druckgebläse-Betrieb von größerer Leistung ist, zumal man die Vorteile rascher und gleichmäßiger Schmelzung also abgekürzter Arbeitszeiten neben geringerem Koksverbrauche genießt und außerdem den Winddruck und eine größere Luftzufuhr so wählen kann, daß die angeführten Vorteile ganz auffallende werden. Diese Vorteile haben einen großen Nachteil im Gefolge. Durch den verstärkten Betrieb wird die Schmelzwärme bedeutend vermehrt, es bilden sich nur wenig Oxydgase und mehr Kohlensäure als vordem, und die lokale Schmelztemperatur steigt bedeutend. Der Verbrauch an feuerfestem Ofenfutter wächst ins Ungeheuerliche.

Vier Kupolöfen in gleichen Quarz — Schamottesteinen — ausgemauert, ergaben an Steine-Abbraud in der Schmelzzone:

Ofen I von 1,2 m Diam., 1,13 qm Fläche in der Schmelzzone, zwei Winddüsen 25 × 20 cm, Druckgebläse 90 cbm Wind pro Minute von 25 cm Wassersäule, 10 % Satzkoks und ca. 2 % Füllkoksverlust:

pro Tonne Roheisen 5 kg exkl. Vorherd.

Der Ofen hatte einen Vorherd und die Düsen waren direkt auf der Herdsohle des Ofens angeordnet. Die Vorherde werden selten neu ausgemauert, ihr Steinfutter hält lange und kommt daher nicht in Betracht.

Die Steine hielten gut und es war ein gutes Niederschmelzen und gut warmes Eisen stets erzielt worden; Gichtflammen waren immer vorhanden.

Ofen II von rechteckiger Form 1,0 × 0,5 m = 0,5 qm Fläche; der Windeintritt erfolgte auf den beiden Langseiten durch einen Schlitz von 80 mm Höhe, Druckgebläse lieferte 70 cbm Wind pro Minute bei 45 cm Wassersäule Satzkoksverbrauch war 5 %, pro Tonne Roheisen:

18 kg in der Schmelzzone und ferner noch 6 kg im unter dem Schachte befindlichen Sammelraume.

Die Steine schmolzen schnell; das Niedergehen des Eisens erfolgte ungemein rasch; das Eisen war heiß; es waren keine Gichtflammen vorhanden.

Ofen III von 1,2 m Diam. = 1,13 qm in der Schmelzzone, dann oberhalb derselben konisch erweitert auf 2,1 m Diam. in einer zugehörigen Höhe von 4,5 m, 6 Winddüsen von 200 × 200 mm, Druckventilator konnte bis 360 cbm Wind von 80 cm Wassersäule fördern; es wurde nur mit 55 cm Wassersäulen-Druck geblasen, Schmelzkoks betrug ca. 10 %; der Steineschwund betrug pro Tonne Roheisen 6 kg in der Schmelzzone und im oberen Schachte sowie 2 kg im Sammelraum des unteren Schachtes. —

Der Ofen war stets 6 Tage in ununterbrochenem Betriebe. Die Steinstärke von 650 mm schmolz in der Schmelzzone um 550 mm ab. Im Ofen schmolzen stündlich bis 14 Tonnen Eisen nieder; das Eisen war warm; Gichtflammen waren immer vorhanden.

Ofen IV. Der Ofen I von 1,2 m Diam. wurde dahin abgeändert, daß der Wind nicht durch zwei Düsen, sondern rundum, ringförmig, eintrat. Von da an war die Schmelzung eine erheblich größere als vordem; der Koksverbrauch betrug anfänglich nur 5 %, mußte aber für längere Schmelzperioden auf 6 % Satzkoks erhöht bleiben; Gichtflammen waren nicht mehr vorhanden. Dagegen waren die Steine der Schmelzzone bei den üblichen Schmelzungen von 20—25 Tonnen Roheisen, um 40 mm und mehr abgeschmolzen. Die Leistung des Ofens war stündlich 6 Tonnen schwerflüssigen Hämatiteisens. Der Steineabbrand betrug pro Tonne Roheisen ca. 16 kg.

Die Ausmauerung der beschriebenen Öfen bestand in Steinen aus $^2/_3$ Quarzit und $^1/_3$ Schamotte und Ton. Das Ausmauern der wenig Koks verbrauchenden Öfen II und IV mit den besten feuerfestesten Steinen — Konvertersteinen, Dinas — half nichts; der Steineabbrand blieb

derselbe, selbst ein Ausschmieren der Schmelzzonen mit bester Konverterspeise bewährte sich nicht und auch ein Überzug über letztere aus Graphitschmiere in 12 mm Stärke, bestehend in 75 % haltigem Reingraphit, mit feuerfestem Tone streichfähig gemacht, hatte keinen Erfolg. Nach monatelangen Versuchen ist der Verfasser zu der Überzeugung gekommen, daß ein wesentlicher Vorteil beim Schmelzen mit 5 % Satzkoks und bei großer Kohlensäurebildung und dem Schmelzen mit 10 % Koks bei einer gewissen Menge von Kohlenoxydbildung (Gichtflammen) nicht besteht, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist.

Schmelzkostenvergleich für 20 Tonnen pro Tag Schmelzung:

Bei 6 % Koksverbrauch	Steineabbrand 40 mm bei 1,2 m Diam. und 1,0 m Schmelzzonenhöhe = 0,15 cbm = 270 kg	Bei 10 % Koksverbrauch
Mk. 16,20	Schmierung mit 270 kg Konverterspeise, gebrauchsf. à Mk. 6	Mk. —
„ —	Schmierung mit 270 kg Ton-Klebsand, gebrauchsf. à Mk. 1	„ 2,70
„ 24,00	1200 kg = 6 % Koksverbrauch à Mk. 20. bei 10 % = 2000 kg	„ 40,00
„ 13,50	3 Stunden Schmelzdauer — 15 Arbeiter à 30 Pfg. — 4 Stunden	„ 18,00
	Haltbarkeit des hinteren Schmelzzonen-Steinfutters: 1,2 m Diam., Steine 150 mm breit, bei 1,0 m Höhe = 1100 kg à Mk. 60 und fertig gemauert Mk. 66	
„ 5,66	1 Monat — pro Jahr = 140 Schmelztage — 4 Monate	„ 1,41
Mk. 59,36	Mith. Mk. 2,75 Ersparnis pro Schmelztag.	Mk. 62,11

Aus den Beispielen ist ersichtlich, daß bei den regelmäßig und kräftig wirkenden Gebläsen, die üblichen Schamotte-Kupolofensteine bei wenig Koksverbrauch, guter Wind-

verteilung, und Bildung von nur Kohlensäure, nicht mehr ausreichen und selbst bestes Quarzsteinfutter nur bedingungsweise vorteilhaft bleibt. Da nur beste Quarzsteine keine Temperaturdifferenzen vertragen und durch den Luftzug, durch die Türöffnungen nach beendeter Schmelzung, ganze Steinstücke abspringen und die Kanten abbröckeln, während Schamottesteine dies nicht tun, so bleibt als Hilfsmittel für den verstärkt wirkenden Kupolofenbetrieb nur die Art der Mauerung und Ausfutterung zu beachten. — Man soll allgemein die Steine nicht zu groß wählen, damit sie bei ihrer Herstellung sich gleichmäßig ausbrennen können, nicht über 25 × 15 × 10 cm, und bei Quarzsteinen — Anwendung mit 15 % deren Dicke großen Fugen mauern, zu welch letzteren statt der Schamottespeise, wie solche für Schamottemauerung gebraucht wird, nur Konverterspeise angewandt werden sollte. Oberhalb der Schmelzzone darf durch eiserne Rastteile, wie solche in den Kupolöfen abteilungshalber zum Aufmauern angebracht werden, kein Hindernis für ein Quillen der Quarzsteine bestehen. Es ist diese Schlußmauerung der Schmelzzonenhöhe vor einem eisernen Rasthindernis (wie Rundwinkel) mit Schamottespeise auszufüllen, welche im Feuer nicht aufbläht und nachgiebiger ist. Es ist überhaupt einer Volumenänderung der Steine, durch übergroße Wärme nach außen und in der Höhe, Rechnung zu tragen. Nach außen, indem man Spielraum zwischen Ofenmantel und Steinen läßt, in der Regel nimmt man 50 mm dafür an und füllt diesen Spielraum mit altem Formsande lose aus. Derselbe behindert zugleich als schlechter Wärmeleiter deren Fortpflanzung; nach oben, indem man, wenn mit Konverterspeise gemauert wird, die Fugen groß wählt, 15 bis 20 mm, und für den Schluß der Schmelzzone gute Schamottespeise, in einer Höhe bis Steindicke, anwendet. Das Ofenfutter oberhalb der Schmelzzone kann aus gewöhnlichen Schamottesteinen hergestellt werden, oder aber besser aus den sehr festen, halbfeuerbeständigen und hartgebrannten Steinen, wie solche in Westfalen aus dem kohlenhaltigen Halden-

materiale einiger Bergwerke[1]) gefertigt werden und meist nur unerheblich teuerer sind als gewöhnliche Backsteine. Zur Herstellung von Ofenschächten, Essen, Feuerungen aller Art, insbesondere der Gießerei-Brennöfen sind sie ein billiges und vorzügliches Material.

Die Herdsohlen der Kupolöfen, wie der Vorherde und der Sammelräume unterhalb der Ofenschächte und damit in direkter Verbindung stehend, stampft man zweckmäßig mit demselben Materiale aus, welches man als Ausschmiermasse der Schmelzzone in Anwendung bringt. Meist werden diese Sohlen aus gutem fettem Sande oder mit Klebsand, welcher mit feuerfestem Tone plastisch gemacht ist, ausgefüttert.

Zweckmässig für die Ausschmierung von Ofenwänden wie auch der Herdsohlen sind die gering feuerfesten Materialien, wie die schlechten Klebsande oder fetten Formsande nicht. Besonders gefährlich für den Guß werden dieselben in Vorherden und Sammelräumen. Verfasser erzielte aus einem Vorherde, der mit einem 80 cm weiten Rundofen in Verbindung stand und mit fettem Formsande ausgeschlagen wurde, von dem zuerst geschmolzenen Eisen, bis zu 2500 kg, keine sauberen Güsse; es waren immer Flächen an den Gußstücken von mülliger Beschaffenheit vorhanden, so daß schließlich zur Beseitigung des Vorherdes geschritten werden mußte. Es wurde der Ofen so gestaltet, daß ein kleiner Sammelraum durch Erhöhung der Düsen, unterhalb des Ofenschachtes entstand, und da auch die im Ofen angewandte Ausschmiermasse mehr aus feuerfestem Tone bestand, so waren von diesem Augenblicke an, alle jene Vorkommnisse spurlos verschwunden und nie wieder beobachtet worden. Es hatte sich also vorher das erste flüssige in den Vorherd gelangte Eisen ganz mit den Bestandteilen des Sandes angereichert, denselben vollständig ausgelaugt und sich mit dem nachfließenden Eisen wenig

---

1) Zeche Königsgrube bei Wanne in Westfalen. — Zeche vereinigte Dorstfeld in Dortmund.

oder gar nicht gemischt oder chemisch verbunden, es blieben vielmehr selbständige Mischungen erhalten und im Eisenbade verteilt oder vereinigt und waren nicht in die Schlaken übergegangen. Erst beim Erkalten der Gußstücke entwickelten sich diese ungemischten Eisenmassen weiter, sie wurden dann an deren Oberflächen als ausgeschwitzte Flecken — Müllstellen — wahrgenommen, wie bereits Seite 120 näher erläutert ist.

II. Abteilung.

I. Die Schmelzöfen und Trockenkammern.

Die gebräuchlichen Gießerei-Schmelzöfen bestehen in runden oder rechteckigen Schachtöfen, den sogenannten Kupolöfen und in Flammöfen. Die Kupolöfen sind entweder mit Vorherden, in welche das geschmolzene Eisen durch eine Öffnung aus dem Schachte hineinfließt und danach dem Einflusse des Schmelzvorganges entzogen bleibt, oder mit Sammelräumen, welche nur eine Verlängerung des Ofenschachtes bilden und mit dem Einflusse des Schmelzvorganges in Verbindung bleiben, ausgerichtet.

A. Die Kupolöfen.

I. Allgemeines.

Der Verfasser, welcher mit den Öfen verschiedener Systeme viele Jahre hindurch Erfahrungen gemacht hat, kann sich die Behauptung nicht versagen, daß in bezug auf das zum Niederschmelzen benötigte Brennmaterial, der eine Ofen dem anderen nicht nachsteht, und daß sich ein Minderverbrauch, des einen gegen den anderen, nur an andere Bedingungen knüpft. — Verwendet man Koks, wie es an dessen Produktionsorten, in den Kohlenrevieren, durchweg üblich ist, von nicht Ia. Qualität, sondern womöglich guter, billiger Sorte, bedenkt man, in welcher rohen Weise der Koks oft gelagert wird und den Witterungsverhältnissen ausgesetzt bleibt, wodurch vielfach eine hohe Aufnahme von Feuchtigkeit sich vollzieht, und erwägt man ferner, daß des geringeren Preises wegen, der Verbrauch an solchen Orten nicht sonderlich in Betracht kommt, und

deßhalb weiterhin auch die Roheisen-Gichten dem Ofen in der denkbar ungünstigsten Weise aufgegeben werden: durch Setzen großer Roheisenmengen auf einmal, durch Vernachlässigen jedes rationellen Zerkleinerns derselben, durch Abwägen der Massen nicht mittelst der Wage, sondern häufig nach Gutdünken, nach Gefühl, und ferner die dadurch verursachten Störungen, da bald ein Mehr, bald ein Weniger an Schmelzgut dem Brennmateriale zur Bewältigung geboten wird, so folgt daraus: daß die im Laufe der Zeit sich als notwendig — um allen Störungen zu begegnen — herausgebildete Brennmaterialaufgabe bei weitem diejenige, welche genügend wäre, übersteigen muß. Die Bedingungen, welche fast immer bei der Einführung neuer Ofensysteme von seiten des Fabrikanten zu erfüllen sind, beruhen wesentlich in der Beseitigung der beregten Übelstände, wodurch ein geringerer Koksverbrauch als vordem erreicht wird; auch verbraucht ein neu gemauerter Ofen bis 1 % weniger Koks, als ein gleicher alter, bei welchem die zur Ausbesserung notwendige oft sehr beträchtliche Ausschmiermasse des Ofenschachtes jedesmal niedergeschmolzen wird. So konnte Verfasser in einem Ofen, welchen der Erbauer mit 7 % Koksverbrauch garantierte, doch auf die Dauer nicht unter 10 % auskommen, weil die Kalkulation bei billigem Schmelzkoks einen Mehrverbrauch viel rationeller erscheinen ließ, als dieses durch die Erfüllung der Bedingungen für den Mindergebrauch: an Mehrausgaben, insbesondere für das Zerkleinern des Eisens, des Abwägens der Gichten, für die Qualität des Kokes etc., sich ergeben hätte. Es steht also ein sehr geringer Koksverbrauch immer in Wechselwirkung mit anderen Unkosten, welche sich daran knüpfen. Was vorzuziehen ist, bleibt Sache der Kalkulation.

Das Ideal eines Kupolofens kann nur ein solches sein, bei welchem das eingeführte Luftquantum absolut gleichmässig und gleichstark dem Schmelzgute zugeführt wird, so daß an jeder Stelle in der Schmelzzone fortwährend eine gleiche Luftmenge zur Verbrennung vorhanden ist. Das gleiche Luftquantum kann aber nicht vom gewöhnlichen

Ventilator, sondern nur durch ein Druckgebläse geliefert werden, welches nicht durch Widerstände im Ofen beeinträchtigt werden kann. Die gewöhnlichen älteren Ventilatoren konnten Widerstände über 350 mm Wassers.-Druck nicht bewältigen und für die im Betriebe gealterten war ein Druck von 200 mm schon eine hohe Leistung. Darüber hinaus ging das geförderte Luftquantum rückwärts wieder verloren; eine verschlackte Düse konnte keine oder nur geringe Luftmenge von einer anderen empfangen, denn das wäre mit Mehrdruck verbunden gewesen, welchem ein solcher Ventilator nicht entsprechen konnte. Es gehört daher zu einem Idealofen auch ein Druckgebläse. Dieselben werden für die Gießereizwecke bis zu 800 mm Wassers.-Druck gefertigt.

Die Anwendung eines hohen Druckes bei großer Luftzuführung ist aber nur bedingsweise anzustreben, da sonst die Kosten der Unterhaltung und Wartung eines Ofens die Vorteile des geringen Koksverbrauches und des Zeitgewinnes an kürzerer Schmelzdauer wieder aufwiegen. Für den Kupolofenbetrieb bleibt das Folgende maßgebend, was auch zum Teil im Kapitel über die „Kupolofenausmauerung" bereits hervorgehoben ist:

1. Für „geringsten" Koksverbrauch ist eine absolut gleichgroß- und gleichverteilte Luftmenge der Schmelzzone dem ganzen Ofenumfange und -Innern zuzuführen. Nur in diesem Falle verbrennt der Koks voll zu Kohlensäure und Gichtflammen zeigen sich nicht und das Schmelzgut ist von großer Wärme. Je nach dem zugeführten Luftquantum kann man eine rasche Schmelzung erzielen, welche außer dem Füllkoks mit 5 % Satzkoks durchgeführt werden kann, selbst für große Schmelzungen in längerer Zeitdauer;

2. daß in letzterem Falle das Ofenfutter, wenn aus bestem Materiale von Quarz-Schamottesteinen bestehend, um das dreifache pro Tonne Roheisen abgeschmolzen wird, als bei gewöhnlichem Betriebe mittels direkt wirkenden nicht erst gleichverteilenden Düsen. Dabei bildet das abgeschmolzene Ofenfutter eine zähe Masse, welche in der Windzone an den

Düsen, kalt geblasen, sich als steife Masse auf der Ofensohle ansammelt und nicht abfließt, wenn der Ofen einen Vorherd hat; es erhöht sich daher die Ofenherdsohle. Diese Ablagerung kann so groß werden, daß der Ofenbetrieb bei großen Schmelzungen gestört wird;

3. daß man diese Steinschlacke nur tropfbar flüssig und vom Windgange entfernbar erhalten kann, wenn nicht wie bei großen Öfen, ein Vorherd vorhanden ist, in welchen das flüssige Eisen abläuft, sondern wie bei kleineren Öfen oder größeren für Gußstücke von nicht zu erheblichem Gewichte, ein Sammelraum sich unterhalb der Düsen befindet, in offener Verbindung mit dem Ofenschachte, welcher Raum durch seine große Wärmeausstrahlung den flüssigzähen, vor den Windeingängen herabhängenden Schlackensträngen wieder soviel Wärme zuführt, daß das Abstoßen und Abfließen derselben in das darunter befindliche Eisenbad, sich ermöglichen läßt. Alsdann wird die Schlacke wieder dünnflüssig und gut abfließend;

4. daß Schmelzen mit wenig Koks — 5 % — rechnerisch nur da vorteilhaft ist, wo der Koks nicht an Ort und Stelle zu haben ist, sondern erst mit größeren Frachtkosten beschafft werden muß;

5. daß bei größeren Öfen mit Vorherden und für größere Schmelzungen nur mit direkt wirkenden Düsen vorteilhaft gewirtschaftet werden kann. Die Schlacke vor den Düsen läßt sich abstoßen, das neben befindliche Ofenfutter wird direkt vom kalten Winde nicht bestrichen und das daselbst herabfließende Schlackengebilde bleibt flüssig und fließt ab. — Es bildet sich infolge der direkt wirkenden Luftzufuhr durch die Düsen, neben denselben eine verlangsamte Kohlensäurebildung, da die größte Luftzufuhr in die Richtung der Düsen fällt, was eine Schmelzwärme-Differenz zur Folge haben muß, denn das Ofenfutter wird weniger stark angegriffen, die Schmelzung erfolgt etwas langsamer, als bei ununterbrochenem, gleichverteiltem ringförmigem Windeintritt, der Koksverbrauch steigt etwas, Gichtflammen treten periodisch mehr oder weniger auf und

der Verbrauch von 6—7 % Satzkoks bildet das Grenzverhältnis für noch guten Ofenbetrieb.

Bei großen Schmelzungen von 25—30 Tonnen Roheisen und demgemäß einer längeren Zeitdauer für das Niederschmelzen, wobei der Füllkoks nicht mehr in Beachtung tritt, ist es nicht tunlich am Satzkokse viel sparen zu wollen, denn es kann vorkommen, daß der Koks in der Schmelzzone sich vermindert, dem Schmelzgute fehlt dann die Stütze, die sich verflüssigenden Roheisenstücke gehen zu rasch durch die gekürzte Schmelzzone hindurch, werden vom Gebläsewind zu früh ereilt und machen entweder das darunter befindliche Eisenbad kalt und steifflüssig oder sie bleiben bei einem Abflusse in einen Vorherd vor den Düsen kalt geblasen liegen, wodurch der Ofenbetrieb ein gestörter wird;

6. bei Öfen ohne Gebläse — Dampfstrahl — ist naturgemäß die Höhe der Schmelzzone eine geringe, die Schmelzdauer eine große, und daher auch der Angriff des Ofenfutters nicht erheblich, da die große, durch eine Masse von Luftzufuhr sich bei anderen Öfen bildende, mächtig angehäufte Wärme von höchster Temperatur nicht vorhanden ist, obwohl nun eine etwa ringsumlaufende Windeintrittszone den Koks langsam zu Kohlensäure verbrennen kann, wenn der Ofen so gebaut ist, daß die zuströmende Luft noch den in der Mittelachse des Ofen befindlichen Koks erreichen kann.

7. Bei allen Öfen, welche eine ungleiche Luftmenge durch ihre Düsen empfangen, oder bei welchen der Druck des Gebläsewindes so gering ist, daß er die Ofenmitte nicht voll erreicht, entsteht eine unterschiedliche Schmelzung. Bei der weniger Druckluft führenden Seite bilden sich Oxydgase, es ist reichlich Sauerstoff vorhanden, das niederträufelnde Eisen entkohlt und wird hart. Man kann, wie Verfasser erprobt hat, in einem Kupolofen durch Anbringung von Oberdüsen, welche sich nur einseitig am Ofenschachte, seitlich der Unterdüsen befinden, die ganze Schmelzung so herabbringen, daß aus gutem, sonst weichem Schmelz-

gute nur ganz hartes, entkohltes Eisen erzeugt wird von ungemeiner Feuerbeständigkeit. Die Schmelzung ist alsdann eine sehr langsame und der Koksverbrauch erreicht an Satzkoks 10%. — In ähnlicher Weise ist die Wirkung bei Öfen, bei welchem die Zugluft — wie bei Dampfstrahlgebläsen — nicht bis zur Ofenmitte in der notwendigen Fülle reichen kann. Wird auch nicht direkt hartes Eisen erzeugt, so reichert sich doch das daselbst stetig herabträufelnde geschmolzene Eisen derartig infolge seiner langen Schmelzzeit mit schädlichen, im Kokse enthaltenen Stoffen, wie Schwefel an, daß das Schmelzgut keine dichten Güsse mehr liefern kann und man genötigt ist, reine Eisenmarken bei hohen Preisen zu verhütten; ein Übelstand der sich vielerorts auch herausgestellt hat. Es können daher Öfen ohne genügenden Winddruck auch nur für kleine und besondere Verhältnisse zur Anwendung gelangen.

Im Jahre 1865 war den Gebr. Woodward in Manchester ein Kupolofen mit Dampfstrahlgebläse patentiert. Ein Dampfrohr von $1\frac{1}{4}$ Zoll Diam. reichte in eine geschlossene Esse und wurde daselbst ein Vakuum erzeugt, so daß ein Luftstrom durch die aufgegebenen Gichtsätze ging. Dicht über der Herdsohle befanden sich zehn Öffnungen zum Einströmen der Luft. Da der Ofen 700 mm Diam. hatte, so war von Düse zu Düsenmitte 222 mm, also gewissermaßen ein Luftring um den Ofen gebildet. Die Öfen haben nach Berichten, welche von Gießereibesitzern im Jahre 1887 in England eingeholt wurden, und in einer Versammlung solcher in Dortmund zurzeit bekannt gegeben wurden, durchaus den Erwartungen nicht entsprochen und waren längst außer Anwendung.

Das Dampfstrahlgebläse nach Herbertz arbeitet bei ca. 4 Atm.-Überdruck nur mit etwa 40—50 mm Wassers.-Druck als Depression und ist der Dampfverbrauch auf 92 kg pro Stunde gefunden worden, bei einer Ofenweite von 850 mm im Schmelzraume. Es betragen nach Beckert der Satz- und Füllkoks 9,9% des aufgegebenen Roheisens. Daß ein solcher Ofen nicht imstande ist, bei der geringen

Windpressung, diejenige gleichmäßige Verteilung der Luftmenge im Ofeninnern hervorzubringen, welche Grundbedingung für einen guten Ofengang ist, kann nicht angezweifelt werden. Solche Öfen können nur schlechte Guß-Produkte liefern, wie hinlänglich durch die Erfahrung festgestellt ist und kann man den englischen Berichten über die Erfahrungen mit solchen Öfen unbedingt Glauben schenken.

Sieht man sich genötigt infolge hoher Frachtkosten einen geringsten Koksverbrauch anzustreben, so hat man nur die Wahl, den Luftzutritt im Ofen so zu regeln, daß die Schmelzdauer soweit verzögert wird, als noch ein ökonomischer Verbrauch an feuerfesten Ofenmaterialien damit verbunden bleibt. Denn wenn sich die Wärmemengen nicht im Ofen stauen können, wird auch das Ofenfutter weniger angegriffen.

Verfasser bespricht hier anschließend drei Ofenmuster, wie er solche seit vielen Jahren als best ausgestaltet in seinem Betriebe eingerichtet hat, und daran anschließend einen Dauerbrand-Ofen. — Die Beurteilung aller Ofensysteme ergibt sich hieraus von selbst, weßhalb von einer Besprechung anderer und patentierter Konstruktionen, welche laufend auftauchen, verbessert werden oder auch wieder verschwinden, weiterhin abgesehen wird.

II. Besprechung der skizzierten Öfen.

Der abgebildete Kupolofen I hat 1050 mm Diam. Er besitzt einen Vorherd von 7 Tonnen Fassungsraum; die Höhe von Düsen bis Gicht beträgt 3,0 m; der Ofenmantel ist aus Blech von 10 mm Stärke; bei c) tritt der Wind ein; d) sind Zungen aus Blech von 1 mm Stärke zur Verteilung des Windes und zur Vermeidung von Windstößen; der Wind wird in einem äußeren am Ofen befestigten Windkanale rundum geleitet und tritt an vier Stellen nach unten in die Düsen e) ein. Die Düsen sind mit Schlackentüren und mit Schaulöchern darin versehen; über den Düseneintrittsstellen im Ofen liegen Gußplatten-

stücke f) von 25 mm Dicke zur Abdeckung und für die Ofenaufmauerung dienend; g) ist ein im Ofen liegender Flacheisenring von 100 × 10 mm.

Der Wind, welcher aus den Düsen tritt, streicht einesteils in Höhe von 200 mm über diesen Ring direkt in den Ofen und andernteils wird er durch den Anstoß an diesen Ring genötigt in dem von demselben und dem aufgehenden Mauerwerke begrenzten, inneren Windkanale h) sich vollständig auszugleichen, zugleich etwas anzuwärmen und eine absolut gleichmäßige Windverteilung an den vier Düsen zu vermitteln, was für einen guten Ofengang die erste Bedingung ist.

Der Ofen ist auf 1,3 m bis Rastlager mit feuerfesten Quarz-Schamottsteinen aufgemauert; am Blechmantel ist in 50 mm Stärke alter Formsand lose angefüllt, und in der Schmelzzone ist dieses Ofenfutter in einer Stärke von 50 mm mit Speise, bestehend in $^2/_3$ Quarzsteinmehl und $^1/_3$ Chamottemehl mit etwas feuerfestem Tone und Wasser plastisch gemacht, ausgeschmiert. — Bei einer großen Schmelzung schmilzt diese Schmiermasse vollständig ab und muß nach jeder Schmelzung erneuert werden, so daß das dahinter liegende Ofenfutter erhalten bleibt. Über dem Rastlager ist der Ofen bis Gicht mit halbfeuerfesten, hart gebrannten Steinen, wie Seite 167 angegeben, ausgemauert und desgleichen damit der etwa 8 m hohe Kamin.

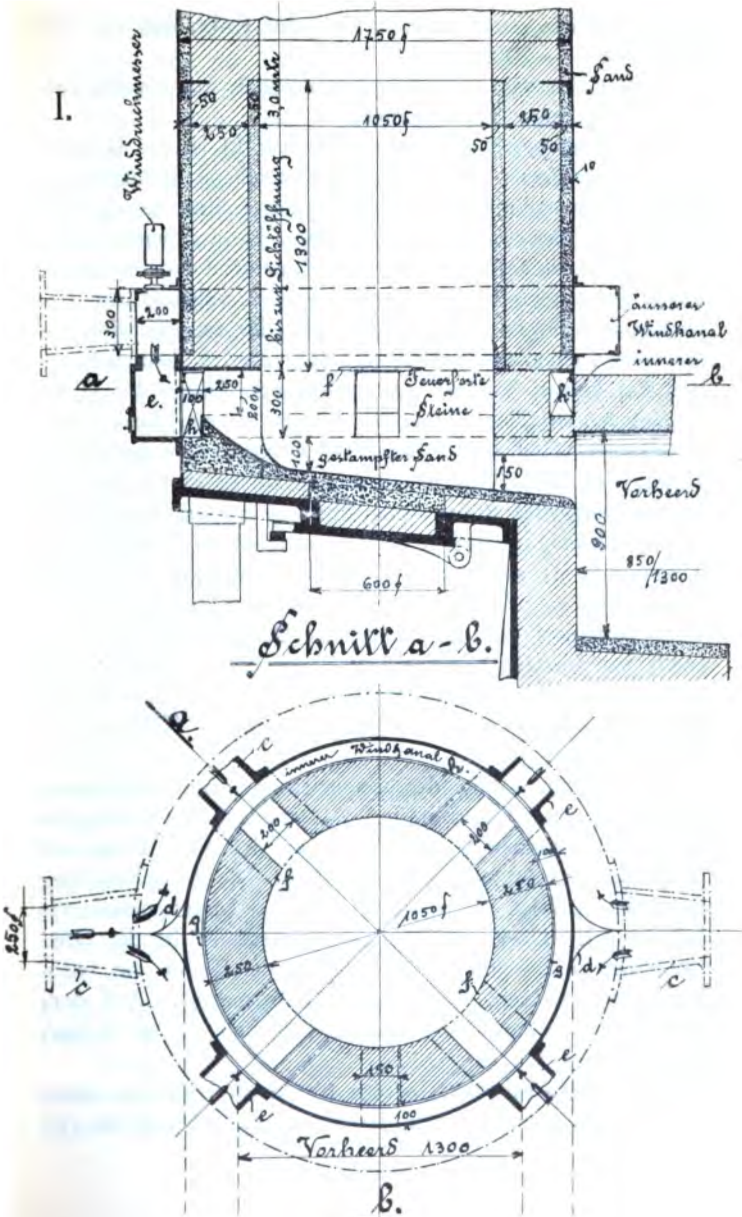
Auf dem äußeren Windkanale befindet sich der Wind-Druckmesser, ein Gehäuse von 18 cm Diam., wie ein Dampfmanometer eingeteilt von 0 bis 1,0 m Wassers.-Druck in 20 Teile; ein Zeiger zeigt den Druck im Windkanale an.

Von dem Flacheisenringe g) bis Herdsohle beträgt es 200 mm. Diese Entfernung ist sehr wichtig, da der glühende Koks sich darin einlagert, und nicht direkt vom Winde so getroffen wird, als wenn die Herdsohle in gleicher Höhe mit dem Ringe sich befände. Die über den Düsen niederträufelnde Schlacke, vornehmlich aus der Ofenschmiermasse bestehend, wird vom Winde direkt getroffen und

bleibt steif hängen; sie muß daher von Zeit zu Zeit abgestoßen werden, gelangt dann zur Herdsohle zum glühenden Kokse, wird daselbst wieder flüssig und läuft im Vorherd ab. Die zwischen den Düsen niedergehenden Schlacken bleiben, da daselbst das Mauerwerk von der Herdsohle aus ununterbrochen ist, vom Winde direkt nicht getroffen und fließen daher in den glühenden Koks und durch das Stichloch ab.

Der Ofen erhält an Füllkoks 400 kg, welcher mit dem Feuer-Anmacheholz bis zu einer Höhe von ca. 1,0 m über die oberen Kanten der Düsen reicht. Die Gichten des Roheisensatzes betragen 500 kg und die Kokssätze 30 kg oder 6 % vom Roheisensatze. Bei Schmelzungen von nur 10 Tonnen Roheisen kann man auch mit 5 % Koks dafür auskommen. Bei größeren Schmelzungen sind 6 % erforderlich, da es vorgekommen war, daß infolge der längeren Schmelzperiode manchmal Eisenstücke unverschmolzen bis zu den Düsen gelangten und alsdann der Betrieb gestört war, oder ganz unterbrochen werden mußte, eine Folge des Schwindens der Füllkoksmasse, welche in ihrer Höhe durch den geringen Satzkoks nicht erhalten bleiben konnte, wodurch das Schmelzgut zu rasch durch die nunmehr erniedrigte Schmelzzone durchsank.

Das Gebläse, ein ausgebohrter Blower, lieferte pro Minute 90 cbm Wind bei 325 Umdrehungen der Flügel. Der Druck im äußeren Windkasten betrug 300 mm Wassers.; es schmolzen dabei stündlich 5,5 Tonnen Hämatiteisen. Nach beendigter Schmelzung wurden vom Schmelzkokse durchschnittlich 60 kg wiedergewonnen, so daß bei 15 Tonnen Roheiseneinsätzen insgesamt 8,26 % Koks verbraucht wurden, und bei 30 Tonnen nur 7,13 %. Die Schmelzkraft betrug stündlich pro □cm Schachtquerschnitt 0,64 kg Roheisen, schwerflüssigen Hämatits, oder etwa 0,7 kg gewöhnlichen Eisens, von welchem stets mehr verschmolzen werden konnte. Nimmt man den Füllkoksabgang als zur Erwärmung des Ofens und zur Bildung der Schlacke an, sowie auch für


I.
Winddruckmesser
Sand
1750 ∅
1050 ∅
bis zur Stichöffnung
1300
äusserer
Windkanal
innerer
a
b
e.
h
f
Feuerfeste
Steine
gestampfter Sand
Vorheerd
900
850/1300
600 ∅
Schnitt a - b.
innerer Windkanal
c
d
e
g
Vorheerd 1300
b.

Wärmeverluste, so berechnet sich der Kokseffekt für den Ofen auf 67—70%.

Der Ofen zeigt meist keine, sonst auch nur einzeln auftretende, geringe Gichtflammen.

Der abgebildete Kupolofen II ist von länglich rechteckiger Form. Er ist jedoch abweichend in den Mitten weiter gemauert, um der Ausschmiermasse einen festen Halt zu geben. Bei nur rechteckiger Form kann es vorkommen, daß das ganze auf den Seiten aufgebrachte Schmiermaterial, durch Schwinden beim Antrocknen oder während des Betriebes, vollständig umfällt, abreißt, oder zerstört wird. — Er besitzt einen unteren Sammelraum für 1,4 Tonnen Eisen und hat keinen Vorherd; die Höhe von Düsen bis Gicht beträgt 3,6 m; der Ofenmantel ist aus 10 mm Blech. Bei c) tritt der Wind ein; d) sind Verteilungszungen aus 1 mm Blech; der Wind tritt aus den vier Düsen e) frei an den beiden Langseiten in den Ofen ein; vier Schaulöcher f) sind zugleich Reinigungslöcher für die sich an den gußeisernen Tragbalken g) anhängenden Schlackenstränge. Auf den Tragbalken g) ruht kein aufgehendes Mauerwerk, es wird dieses von dem darüber befindlichen Ofenrast getragen und somit hat derselbe besondere Lasten nicht zu tragen; dieselben sind leicht auswechselbar, was durchaus nicht häufig zu erfolgen hat, da sie vom Winde stets in Kühlung gehalten werden.

Der Ofen ist in der Schmelzzone, vom Tragbalken bis Rastlager der Ofenmitte auf 1,41 m mit Quarz-Schamottesteinen aufgemauert; am Blechmantel ist alter Formsand in Stärke von 50 mm lose angefüllt. Die Ausschmierung des Ofens erfolgt in derselben Quarz-Schamottemasse wie bei Ofen I. Über dem genannten Rastlager ist der Ofen bis Gicht, und weiter darüber hinaus der Kamin mit halbfeuerfesten Steinen, wie Ofen I, aufgemauert. Auf dem Windkanale befindet sich der Winddruckmesser mit Zeiger, wie bei Ofen I.

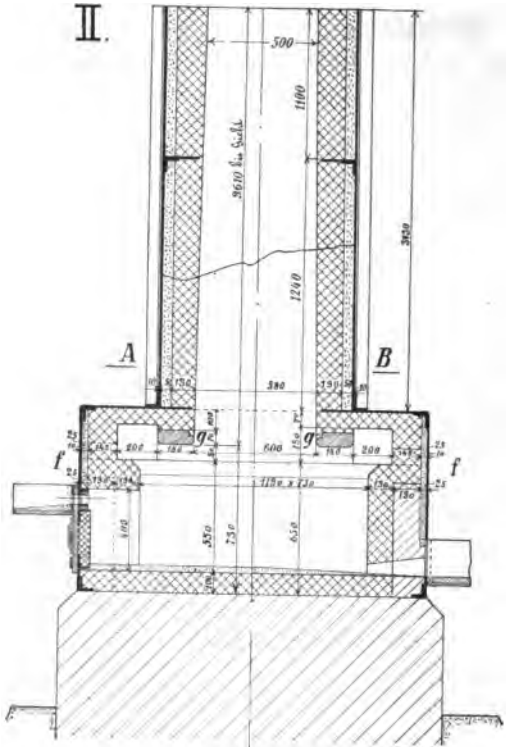
Der Ofen-Füllkoks beträgt 400 kg und erreicht dieser mit dem Anmacheholz von Balken g) aus eine Höhe von

1,4 m. Die Gichten des Schmelzguts betragen 350 kg an Roheisen und die Kokssätze 18 kg oder ca. 5 % davon. Der Ofen wird in Bedienung genommen, wenn nur 10 bis 15 Tonnen Roheisen niederzuschmelzen sind und es ist bei der verhältnismäßig großen Menge Füllkoks, welche der Ofen infolge seines Sammelraumes bedarf, nicht notwendig den Satzkoks zu erhöhen. Es schmilzt schwerflüssiges Hämatit stets heiß und pro Stunde mit 4 Tonnen nieder.

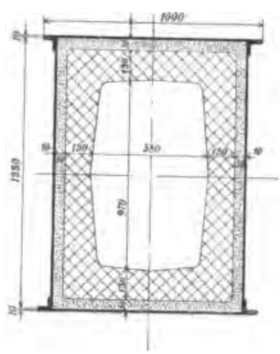
Das Gebläse ist dasselbe wie bei Ofen I. Es liefert 90 cbm Wind pro Minute, wovon nur ca. 70 cbm dem Ofen zugeführt werden konnten, da sonst glühende Koksteilchen in Masse ausgeschleudert wurden, wenn der Druck stieg, mithin mehr Wind dem Ofen zugeführt worden wäre; der Druck an den Düsen-Kanälen betrug 450 mm Wasserss. An Koks wurden nach beendeter Schmelzung ca. 150 kg wiedergewonnen, so daß bei 10 Tonnen Roheisenschmelzung insgesamt 7,5 % Koks und bei 15 Tonnen nur 6,66 % desselben verbraucht wurden.

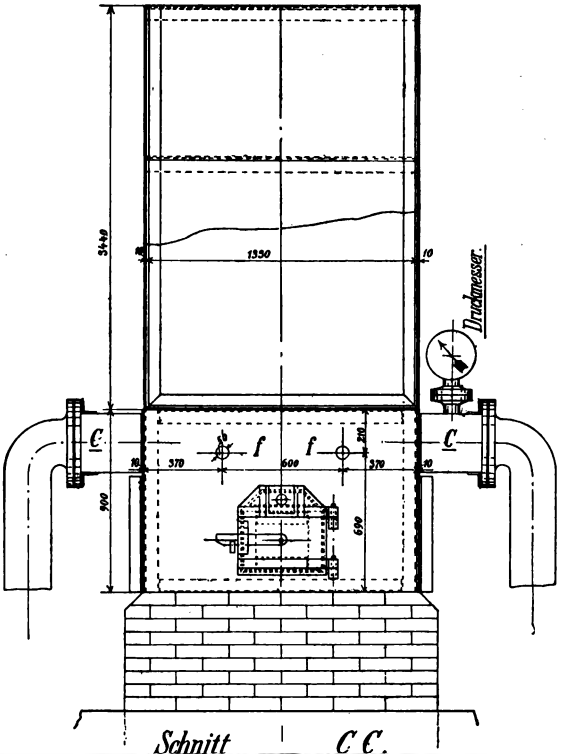
Das Eisen des Ofens ist sehr heiß und weit flüssiger als bei Ofen I. Das feuerfeste Material der Schmelzzone leidet ungemein und ist rasch verbraucht; Gichtflammen sind nicht vorhanden. Die Schmelzkraft des Ofens betrug pro □cm Zonenquerschnitt stündlich 0,8 kg schwerflüssigen Hämatits oder etwa 0,9 kg gewöhnlichen Roheisens. Dem Übelstande des großen feuerfesten Materialverbrauches, eine Folge der raschen Schmelzung bei wenig Koksverbrauch — der Anhäufung von Wärme und reichlicher Kohlensäurebildung — kann man durch geringere Windzufuhr in dem Ofen begegnen, womit aber, wie früher im Kapitel „Ofenmauerung“ hervorgehoben ist, auch nicht viel erreicht wird. Rasches Schmelzen, Lohnersparnis, wenig Koksverbrauch, große Wärmeerzeugung und Steineabbrand stehen eben in Beziehungen zusammen.

Wenn das über der Schmelzzone befindliche Ofenmauerwerk sehr schlecht wurde, dann hingen sich die Ofengichten sehr häufig auf, was recht störend war. War da-

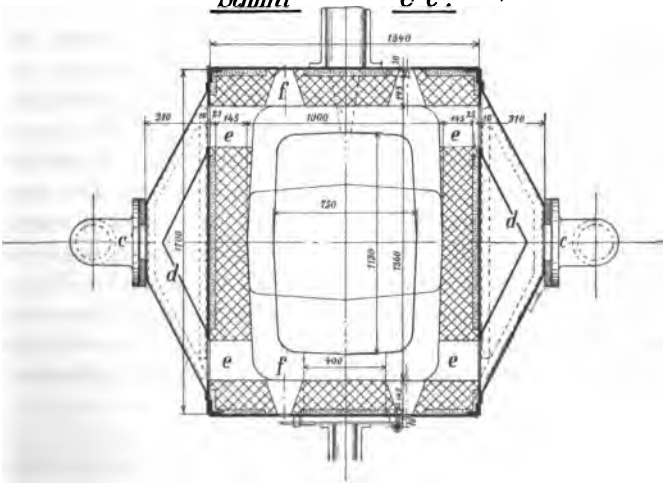

II.
500
1100
3610 bis Gicht
3830
1240
A
B
10
130
380
190
200
180
600
g
f
1150 x 730
550
730
650

Schnitt A B.


1000
130
580
150
10
1350
970


3440
1350
10
10
Druckmesser.
C
C
f
f
10
370
600
370
10
210
900
690

Schnitt C C.


1340
f
310
145
1000
145
310
e
e
750
c
c
d
d
1700
1190
1360
e
f
400
e

gegen das Mauerwerk neu, so trat ein Aufhängen nicht ein. Es müssen daher die Roheisengichten eine so rasche Erweichung angenommen haben, bevor sie in die Schmelzzone rückten, daß die Ofenunebenheiten davon ausgepreßt werden konnten und dann für die darüber befindlichen Gichten eine Stütze bildeten.

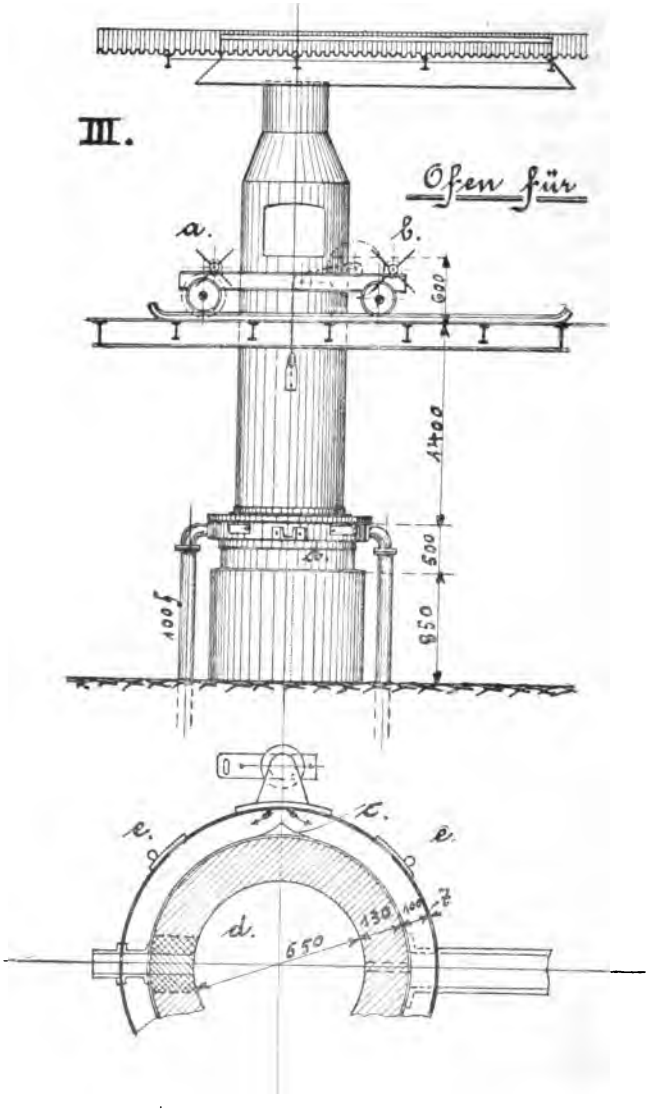
Der skizzierte Ofen III ist für Spezialgüsse. Er dient auch zur Herstellung besonders eiliger Gußstücke. Der Schacht mißt 500 mm Diam. und ist zur Hälfte mit Quarz-Schamottesteinen und der obere Teil mit halbfeuerfesten Steinen ausgefüttert; am Blechmantel sind 25 mm Spielraum mit altem Formsande ausgefüllt. Der Ofenschacht ist von dem darunter befindlichen Sammelraum abhebbar und seitlich verschiebbar, was durch eine auf einem Laufwagen gelagerte und damit verbundene Winde von Hand bewerkstelligt werden kann. Es dient das Armkreuz a) zur seitlichen Fortbewegung und das Armkreuz b) zum Heben des Schachtes, was vermittelst eines Vorgeleges und zweier Drahtseile von 12 mm Stärke, woran der Schacht angehakt ist, bewirkt wird. Der Schacht braucht nur 20 mm angehoben zu werden.

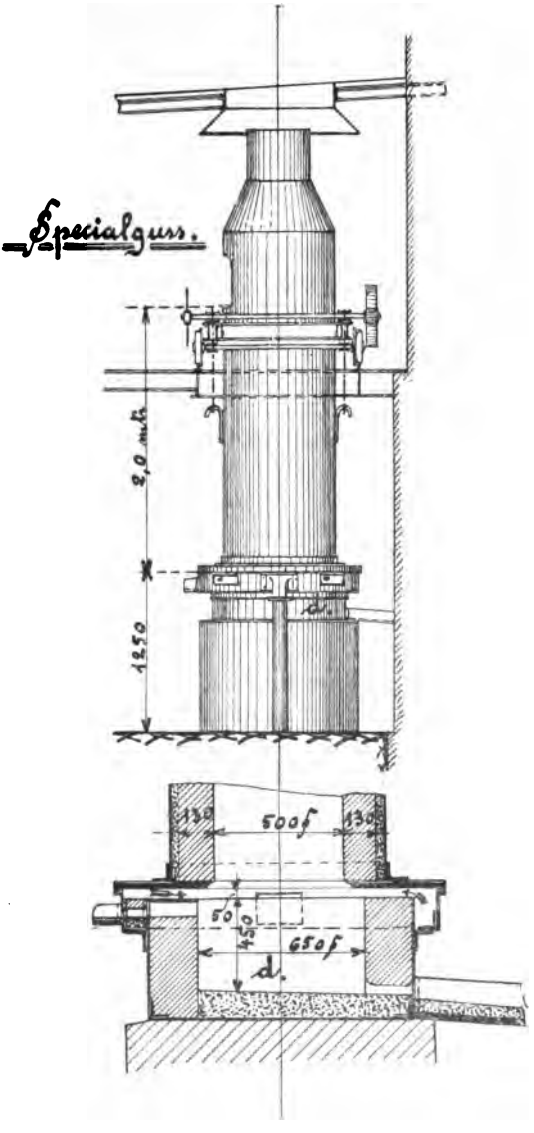
Der untere Teil des Schachtes ist mit einer gußeisernen, nicht leicht springbaren Platte aus Hämatiteisen, verbunden. Diese Platte setzt sich mittelst eines angegossenen Randes über den unteren Sammelkasten und kann der Rand eventuell vor einer Inbetriebsetzung des Ofens noch mit etwas Lehm ausgestrichen werden. Der Sammelraum ist aus 7 mm Blech; der Wind tritt beiderseits durch Rohre von 100 mm Diam. in einen rundgehenden Windkanal ein; c) sind Zungen von 1 mm Blech zur Verteilung des Windes und zur Vermeidung von Stößen. Die Ausmauerung und Ausschmierung des Sammelraumes d) erfolgt in gleichem Materiale, wie das der Schmelzzone im Schachte. Ein innerer Blechmantel begrenzt den Windkanal und liegt 50 mm niedriger als die darüber befindliche Fußplatte des Schachtes. Durch diesen Spielraum von 50 mm tritt der Wind rundum in das Ofeninnere ein. Es ist ein Schlacken-

ablauf vorgesehen, welcher im Windkanale eingebaut ist, jedoch in der Weise, daß der Wind noch darüber hinweg streichen kann; eine Plattenabdeckung verhindert die Berührung des Windes mit der Schlacke. Außerdem sind noch 4 Schaulöcher e) vorhanden, welche als Reinigungslöcher zum Abstoßen von Schlackensträngen dienen und seitlich schiebbar sind.

Der Füllkoks füllt den ganzen Sammelraum aus und durch Nachfüllen vor Beginn der Inbetriebnahme wird der aufgesetzte Schacht bis über die Schmelzzone von ca. 1 m Schachthöhe, noch mit Koks nachgefüllt. Der Füllkoks beträgt ca. 150 kg; der Sammelraum faßt ca. 400 kg geschmolzenes Eisen; die Gichten betragen 100 kg Roheisen bei 6 % Satzkoks. Der Ofenschacht ist bis Gicht 2,0 m hoch, und die Windeinströmung so reguliert, daß die Schmelzzone nicht über 1,0 m Höhe erreicht und keine Aschenteile ausgeschleudert werden. Zu letzterem Zwecke wurde die Dampfmaschine resp. der Blower auf geringer Tourenzahl gehalten. Um Unregelmäßigkeiten vorzubeugen, waren zwischen den Flanschen an den beiden Windleitungskrümmern noch Blechschieber eingebaut.

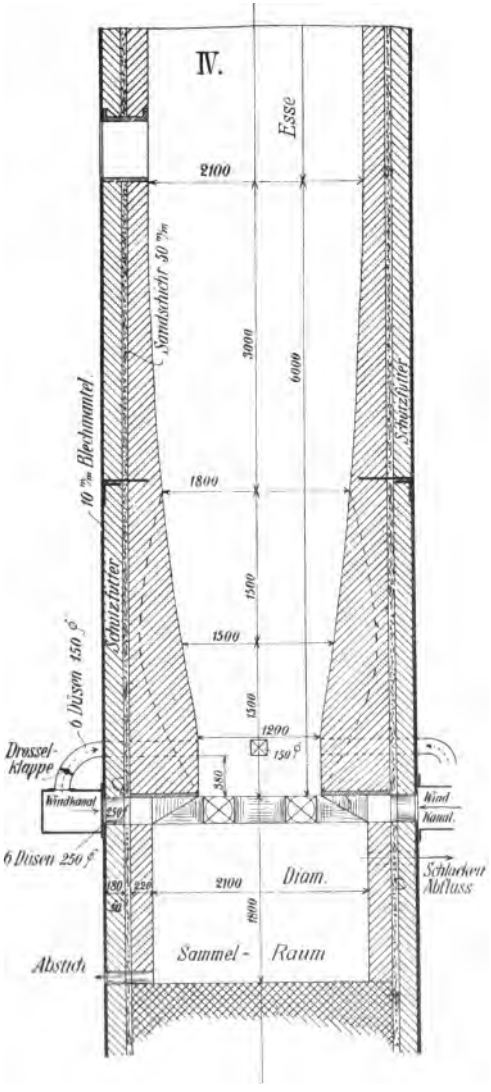
Die Bedienung des Ofens ist aus der Skizze leicht ersichtlich. Ist der Schacht nach beendeter Schmelzung abgehoben, so wird er seitlich geschoben und hängt frei. Er erkaltet rasch und kann in dieser Lage leicht repariert oder ausgestrichen werden. Der Restkoks im Sammelraum wird, nachdem das letzte Eisen und die Schlacke abgelassen war, einfach mit Wasser abgelöscht und danach ausgenommen. Die Ausbesserung an Futter und Boden kann daselbst ohne Mühe erfolgen. An Koks werden nach beendeter Schmelzung ca. 50 kg erübrigt, so daß der Füllkoksverlust ca. 100 kg beträgt. Rechnet man eine Schmelzung von 2500 kg Hämatitroheisen, so sind pro Tonne 10 kg Gesamtkoks verbraucht. Stündlich schmolzen 1200 kg Eisen und da die Schmelzzone = 1960 □cm Querschnittsfläche hat, so ist die Schmelzkraft stündlich 0,61 kg pro □cm oder 0,67 kg gewöhnlichen Eisens, was jedoch nicht


III.
Ofen für
a.
b.
600
1400
500
650
100
c.
e.
e.
d.
650
130
100


Specialguss.
2,0 m.h.
12,50
130
500 f
130
50
650 f
d.

maßgebend sein kann, da die Inanspruchnahme des Ofens an Schmelzzeit stets eine geringe war. Derselbe wurde nur für besondere oder eilige Güsse einzelner Stücke in Benutzung genommen und würde sonst an Schmelzkraft den bereits besprochenen Öfen nicht nachstehen, denn Gichtflammen zeigte der Ofen während des eigentlichen Betriebes nicht.

Fig. IV. ist ein Dauerbrand-Ofen. Der Ofen ist ein Muster, wie solche in den Stahlwerken Westfalens im Gebrauche sind. Er dient zum Verschmelzen des Konvertereisens und bleibt sechs Tage in ununterbrochenem Betriebe. Der Durchmesser in der Schmelzzone beträgt 1,2 m und an der Gichtöffnung 2,1 m; die Höhe von Düsen bis Gicht mißt 5,5 m. Er hat einen Sammelraum für ca. 17 Tonnen Eisen. An den Blechmantel des Ofens ist ein Windkanal befestigt, in welchen der Wind eintritt. An diesem Kanale befinden sich sechs Reinigungstüren mit Schaulöchern und dahinter tritt der Wind durch sechs Düsen von 200 × 200 mm Größe in den Ofen ein. Da es durch Unaufmerksamkeit schon vorgekommen ist, daß sich ein oder die andere Düse verschlackte, so hat man noch sechs obere Düsen von 150 mm Diam. angeordnet, welche sich jedoch nur 380 mm darüber befinden. — Eine Gichtbühne zur Beschickung des Ofens ist nicht vorhanden; derselbe wird mit einer Schüttvorrichtung gespeist, wie solche zur allgemeineren Anwendung sehr empfehlenswert sind und daher besonders besprochen werden sollen. Die Ausmauerung des Ofens erfolgt in Quarz-Schamottesteinen, wie bei den bereits besprochenen Öfen, von $^2/_3$ Quarz mit $^1/_3$ Schamotte. In der Mitte des Ofenschachtes befindet sich ein eiserner Rast. Das Mauerwerk darüber wird selten erneuert, während alles darunter befindliche nach den sechs Gebrauchstagen bis auf ein besonders aufgeführtes Mauerwerk — ein Schutzfutter — ausbrennt und erneuert werden muß. Es wird mit großen Fugen bis 25 mm Stärke bester Quarz-Schamottespeise gemauert. Über den Unterdüsen befinden sich 30 mm starke gußeiserne Platten als Abdeckung der-


IV.
Esse
2100
Sandschicht 30 m/m
3000
6000
10 m/m Blechmantel
Schutzfutter
1800
1500
1500
1500
6 Düsen 150 ⌀
Schutzfutter
1200
150 ⌀
Drossel-Klappe
340
Windkanal
250
Wind Kanal
6 Düsen 250 ⌀
180
226
2100
Diam.
1800
Schlacken Abfluss
Abstich
Sammel - Raum

selben und als Stützpunkt für das aufgehende Mauerwerk; die oberen Runddüsen bestehen aus Muffenrohrstücken, welche im Schachtmauerwerk eingelagert sind und Rohrkrümmer mit Schaulochklappen, welche zugleich Reinigungslöcher sind, vermitteln den Windeintritt aus dem Windumlaufkanal in das Ofeninnere.

Das Gebläse, ein Druckventilator für über 1,0 m Wassers, liefert pro Minute 360 cbm Wind von 800 mm Wassers. Druck bei 1300 Touren. Es wird jedoch nur mit 500—600 mm Druck geblasen. Innerhalb sechs Tagen können bis 2000 Tonnen Roheisen niedergeschmolzen werden, mithin stündlich ca. 14 Tonnen oder pro □cm Schmelzzonequerschnitt 1,23 kg. Füllkoks werden ca. 5000 kg angesetzt und mit 9—10 % Satzkoks weiterhin geschmolzen, so daß der Koksverbrauch insgesamt ca. 10 % vom Roheisen beträgt. Der Ofen zeigt Gichtflammen. Der Winddruck wird mittelst eines Leitungsrohres vom Zuleitungskanal aus an einer Wassersäulen-Skala direkt gemessen. Der Roheisengichtsatz beträgt 1600 kg. Der Abbrand des feuerfesten Ofenfutters ist gering und beträgt pro Tonne Roheisen nur 6 kg im Schachte und 2 kg im Sammelraume ohne Herdbodenfutter, während bei den besprochenen, wenig Koks verzehrenden Öfen derselbe 16—24 kg betrug. Es beweist dieses das bereits Gesagte, daß Koksverbrauch und Steineschwund im umgekehrten Verhältnisse stehen. Eine Verschlackung an den Unterdüsen findet fast nie statt, da der Steineschwund gering ist und das darunter im Sammelraume befindliche, geschmolzene Eisen und die darin anstehende glühende Koksmasse eine feste, anhaftende Schlacke nicht zulassen und andererseits dieselbe auch leicht im Sammelraum abgestoßen werden kann. Da die Hauptdüsen noch insbesondere 400 mm im Mauerwerk zurück münden, so ist eine Schlackenbildung vor diesen Düsen von fast gar keinem Belange; der Wind gelangt in letzterem Falle nach unten sich verteilend in Sammelraum statt ungehindert grade aus und sich danach ebenso verteilend. Der Ofen hatte früher eine Höhe von nur 3,5 m bis Gicht;

erst als dieselbe auf 5,5 m erhöht wurde, ohne daß die Oberdüsen vorhanden waren, wurde die Leistung des Ofens eine zufriedenstellende, mit der Anwendung eines stärkeren Gebläses; vordem arbeitete der Ofen unbefriedigend, er schmolz zu langsam.

Die in der Skizze im Ofenschacht punktiert angegebene Linie gibt den Zustand des Schachtmauerwerkes an, wie solches nach Ablauf einer sechstägigen Schmelzperiode sich zeigt. Man sieht hieraus, daß die Schmelzzonenhöhe etwa 3,0 m beträgt.

Wir schließen hiermit die Besprechung von Kupolöfen, da daraus ersichtlich ist, daß jeder gewöhnliche Kupolofen ohne weiteres zu einer Höchstleistung durch geregelte gleichmäßige Windzufuhr, ohne Anbringung von Oberdüsen, unter Benutzung eines guten, kräftigen Gebläses, gebracht werden kann, und daß man diese Höchstleistung aus den besprochenen Gründen unter Umständen besser vermeidet und in letzterem Beispiele sogar vermeiden muß, weil dadurch nichts gewonnen würde, da die Schmelzperiode eine abgekürzte würde, wegen des raschen Steineschwundes und besondere Ofenkonstruktionen auch nebenbei noch besondere Aufmerksamkeit und Bedienung erfordern, wodurch der ganze Schmelzprozeß noch eine besondere Belastung erfahren kann.

III. Wärme-Effekt beim Kupolofenbetriebe.

Betrachtet man den besprochenen rechteckigen Ofen in seiner Wirkungsweise, so hat derselbe 6,66 % Koks inkl. Füllkoksverlust zu seinem regelmäßigen ungestörten Betriebe für heißes Eisen und für 15 Tonnen Roheisenschmelzung erfordert, während theoretisch etwa 5 % dafür ausreichen konnten, wie bereits Seite 138 vermerkt ist. Der direkte Wärmeverlust eines solchen Ofens ergibt sich unter der Annahme, daß der verwendete Koks ein vorzüglicher und trockener sein müsse und einen Kohlenstoffgehalt von ca. 90 % gehabt habe, wie folgt: Es entwickelen 1 kg

Koks = 8080.0,9 = 7272 Wärmeeinheiten. Den Verbrauch an Wärme für niedergeschmolzenes Eisen zum Vergießen gewöhnlicher Gußwaren von nicht zu dünnen Stoffstärken hat man durch direkte Messung zu 275 bis 290 W. Einheiten pro Kilo ermittelt, wozu nach Vorhergehendem 0,066 kg Koks = 480 Wärme E. entfallen. Mithin beträgt der Nutzeffekt 57,3 resp. 60 %. Ein großer Verlust an Koks entsteht aber gegen Ende einer Schmelzperiode. Der Teil Füllkoks, welcher zur Erzeugung der ersten Wärme an das Ofenfutter aufgewandt wird, um dasselbe auf die Schmelztemperatur des Eisens zu erhöhen, bildet einen gewissen Verlust an der Betthöhe; letztere muß durch den anhaltenden Ofenbetrieb alsdann erhalten bleiben und darf nicht sinken, wenn der Betrieb nicht ein gestörter werden soll. Der Satzkoks ist demnach der wirkliche Verbrauchskoks zum Niederschmelzen der Gichten und aller Wärme-Erfordernissen derselben. Der in Rede stehende Ofen hat auch seit vielen Jahren bei lang andauerndem Betriebe dieses Erfordernis erfüllt. Sieht man sich dagegen das Endergebnis an, wobei die anfängliche Füllkoksmenge im Gewicht von 400 kg bis auf einen Rest von 150 kg verschwunden ist, so ist es zweifellos, daß dieser Koksschwund eine Folge des zuletzt niederschmelzenden Eisens war und erklärt sich wie folgt: Die glühenden Gase der letzten Schmelzperiode konnten an die sonst darüber befindlichen Gichten keine Wärme mehr abgeben, denn es waren nur wenig und zuletzt gar keine Roheisengichten mehr vorhanden; die Wärme strömte also zur Esse hinaus; die Verbrennung des Restkokses in der überreichlichen Gebläseluft war außerdem eine lebhaftere als zuvor, wo das zur Verfügung stehende Koksquantum ein größeres war. Es entstand daher eine so ungeheure Brennstoffvergeudung, daß die Gase sich zur Flamme entwickelten und durch den Ofenschacht an der Gicht vorbei, hoch über die Esse hinaus sich sichtbar zeigten. Bringt man zur Erwärmung des Ofenfutters 100 kg Koks, eine Menge, welche zur Schmelzung von 2000 kg Eisen ausgereicht haben würde,

in Ansatz, so mußten von 400 kg Füllkoks am Schlusse der Schmelzperiode nicht 150 kg, sondern 300 kg erübrgt werden. Man kann daher annehmen, daß der Verlust von 150 kg Koks nutzlos verbraucht wurde. Es macht dieses 1 % vom Roheisen und ist mithin der Ofen bis gegen Ende der Schmelzung. — er zeigte beim Niedergang der Gichten bis 0,6 m unter Gichthöhe noch keine Gichtgase — mit 5,66 kg Koksaufwand in guter Schmelzung erhalten geblieben. Eine Verhütung dieser Koksvergeudung ist nicht gut zu bewerkstelligen und zwar aus praktischen Gründen, denn der Gießer muß immer eine gewisse Fristverlängerung der Schmelzung innehalten, damit auch das letzte Schmelzgut mit Sicherheit als niedergeschmolzen angesehen werden kann; die Regulierung der Windzufuhr würde zweckmäßig sein, ist aber während des Betriebes oft mit Unzuträglichkeiten verknüpft und wird gemeinhin gar nicht gehandhabt.

B. Die Flammöfen.

Dieselben finden in der Eisengießerei nur dann Anwendung, wenn man es auf das Schmelzen großer schwerer Stücke, und auf eine gewisse Entkohlung des Roheisens zur Erzielung eines festen, mehr oder weniger harten Gusses absieht. Es zählen hierher der Weich-, insbesondere aber der Hartguß, wie schon Seite 55 erläutert ist.

Infolge der langen Einwirkung der reichlich mit Sauerstoff versehenen Schmelzluft auf das geschmolzene Eisen, wie auf das sich langsam auf einer schiefen Ebene fortbewegende Sammeleisen, verschlacken, verbrennen im letzteren der Reihe nach Mangan, Silicium, Kohle und Eisen und zwar so, daß bei hoher Temperatur neben Mangan und Silicium zugleich Kohle und Eisen verbrannt werden. Das Schmelzprodukt ist dann ein reines und kohlenstoffarmes Eisen von großer Festigkeit und Dichte, weshalb die Flammöfen fast ausschließlich zur Erzeugung von Walzenguß Anwendung finden. Die Heizung der

Öfen erfolgt mit Steinkohlen und weniger mit Braunkohlen und Torf. Auch werden Generatorgase nicht angewandt, da letztere einen laufenden, kontinuierlichen Betrieb zur Bedingung haben und auch eine solche Gasanlage eine sehr teuere ist. Unterwind erhöht die Oxydationskraft.

Außer der Verhüttung und Verwertung starker stoffiger Eisenmassen, welche man nicht im Kupolofen niederschmelzen kann, besteht der Vorteil des Flammofens gegenüber dem Kupolofen in dessen Regulierbarkeit, auf dem Einfluß, welchen man auf die Erzielung eines gewünschten Schmelzgutes ausüben kann. Durch Entnehmen von Proben aus dem Eisenbade läßt sich laufend feststellen, ob ein Gußstück nach Wunsch ausfallen wird, und ist man andernfalls in der Lage Abhilfe schaffen zu können. Die Hauptsache zur Erzeugung eines festen, dichten Gusses besteht darin, daß das geschmolzene Flammofengut stets weniger Gase im Eisen gelöst enthält als Kupolofengut, wodurch dasselbe auch gegen Feuer- und Säure-Einflüsse widerstandsfähiger wird. Die Verbrennungsmengen sind im Flammofen in bezug auf den Abgang von Silicium und Kohlenstoff größere als im Kupolofen; Phosphor bleibt erhalten und Schwefel kann sich anreichern, ähnlich wie im Kupolofen.

Dimensionen:

Herdfläche pro Tonne Einsatz bei:

Öfen von 7—10 Tonnen Fassung 0,6—0,7 □m

„ „ kleiner Fassung 0,8—1,0 □m.

Herdlängen, je nach kurz- oder langflammigem Brennstoffe 3—4 m.

Herdbreite zur Länge wie 1:2,6.

Totale Rostfläche: 0,2—0,4 der Herdfläche; bei kleineren Öfen mehr und bei größeren weniger;

freie Rostfläche: $^1/_3$—$^1/_2$ der totalen;

Rostbreite zur Rostlänge in der Regel 1:1;

Höhe der Feuerbrücke über der Rostfläche: 0,4 bis 0,6 m;

Öffnung über der Feuerbrücke; 0,5—0,7 der totalen Rostfläche oder 0,1—0,2 □m pro Tonne Fassungsraum.

Fuchsquerschnitt: $^1/_9$—$^1/_{10}$ der totalen Rostfläche;
Esse an der engsten Stelle = $^1/_5$ der totalen Rostfläche;
Essenhöhe = 15—20 m.

Es schwanken noch der:

Steinkohlenverbrauch von 400 meist 500 bis 700 kg pro Tonne Einsatz und ist der Verbrauch von mittelguter Braunkohle etwa 1000 kg und von lufttrockenem Nadelholz ca. 1300 kg:

Abbrand von 7—10 %;

Schmelzzeit, je nach Größe der Schmelzstücke und dem Grade bis zu welchem die Entkohlung des flüssigen Eisens getrieben werden soll von 7—10 Stunden.

Der Effekt eines Flammofens ist sehr gering. Das Brennmaterial wird nur zu 8—10 % ausgenutzt. Zum Vergießen eines heißen und gut flüssigen Roheisens nimmt man als Rechengröße eine Wärme desselben von 300 Kalorien (W.-E.) an und als Effekt guter Flammkohle 7000 Kal. Da ein guter Ofen 50 % Steinkohlen verbraucht, so verbraucht ein Kilo Roheisen:

0,5 kg Kohlen = 3500 Kalorien, woraus sich der Effekt zu $\frac{300}{3500} = 0{,}086 = 8{,}6\,\%$ ergibt. Nimmt man als Preis für die Tonne Kohlen im Mittel 10 Mk. und für Koks 18 Mk. an, so erfordert eine Tonne Roheisen zum Schmelzen vergleichsweise im:

Flammofen bei 8,6 % Nutzeffekt = 5.— Mk.
Kupolofen bei 8 % Koksverbrauch = 1.44 Mk.

Die Bauart der Flammöfen ist sehr verschieden. Wir bringen im Anhang zwei Öfen in zwei Abbildungen, an welchen die wesentlichsten Verschiedenartigkeiten ersichtlich sind. Der Halt, welcher dem Mauerwerk der Öfen gegen Zerstörung durch die Ausdehnung desselben infolge der großen Hitze, wie auch dem Zusammenhalt der Gewölbe gegeben werden muß, besteht in einer Einrahmung gußeiserner Gestellplatten oder auch nur Ankerständer in gegenseitiger schmiedeiserner Verankerung mittelst Schrauben. Für die Ausmauerung gilt dasselbe wie für

die Kupolöfen. Sie soll aus bestem feuerfesten Materiale in Quarz-Schamottesteinen — $^2/_3$ Quarz und $^1/_3$ Schamotte — erfolgen und bei längerem Gebrauche verwendet man gute Kaolinsande mit etwas feuerfestem Tone plastisch gemacht, als Ausschmiermasse für defektes Mauerwerk und den Herdboden an.

C. Die Trockenkammern und Trockenapparate.

Alle Kerne wie auch Formen von Gegenständen, an welche besondere Anforderungen gestellt werden, bedürfen einer Trockenung zur Erzeugung eines dichten, von den Einflüssen und Zufälligkeiten feuchter Formen unabhängigen und gleichmäßigen Gußstückes. Insbesondere bedürfen alle Schablonenformen, in Sand oder Lehm, der Trockenung, da diese Formen nur in ganz feuchtem, nassem Zustande hergestellt werden. Gegenstände, welche man nicht in die Trockenkammern einbringen kann oder will, müssen an Ort und Stelle mit Hilfe von Feuerkörben oder mittelst Trockenapparaten getrocknet werden.

I. Die Trockenkammern oder Brennöfen.

Sie sind aus hartgebrannten oder zweckmäßig aus den sogenannten halbfeuerfesten Steinen, wie solche aus Halden einiger Steinkohlenbergwerke in Westfalen, aus dem Kohlenstein hergestellt werden, aufgemauerte Kammern. Diese Kohlensteine sind gleichwertig mit den geringen Schamottesteinen in bezug auf Wärmewirkung, zum Mauern aber besser, da sie fester, härter sind. Der Verfasser hat solche Steine zur Mauerung von Brennöfen, wie der Kupolofenschächte oberhalb der Schmelzzone mit großem Vorteile angewandt; sie kosten nur ein geringes mehr als gewöhnliche Backsteine. Die Kammern werden entweder ganz massiv ohne Eisenwerk, mit Ausnahme der Verankerung, ausgeführt und sind die Decken alsdann hoch gewölbt oder die Decken sind flache und bestehen aus eisernen Trägern, zwischen welche dann flache Gewölbe geschlagen sind. Die

Träger ruhen dann im aufgehenden Mauerwerk. Da wo man große, schwere Lehmstücke herstellt, ist es ein Bedürfnis, diese schweren Massen mittelst des Gießereikranes in den Ofen oder aus demselben befördern zu können. Zu letzterem Zwecke muß die Ofendecke mittelst des Kranens abnehmbar sein. Nur der hintere Teil der Ofendecke bleibt in fester Verbindung mit dem aufgehenden Mauerwerk, während die andere, abnehmbare vordere Hälfte, lose auf dem Ofen als Deckel lagert und an den Auflagerflächen auf dem Mauerwerk mit aufgestreutem, trockenem Sande abgedichtet ist. Der Anschluß desselben an den festen, hinteren Gewölbeanschluß, welcher an dieser Stoßfuge aus Eisen besteht und besonders für die Aufnahme des losen Deckels eingerichtet ist, wird mit Lehm verschmiert. Der abnehmbare Deckel ist ein in sich fest verbundenes, eisernes Rahmenwerk, meist aus I. Eisen gebildet, zwischen welchem sich die Auswölbung befindet. Nach vorn ist der Rahmen glatt, damit die Ofentüren sich fest anschließen und verriegelt werden können. Vier Ösen an den Ecken dienen zum Anhängen an den Krahn.

Ein Brennofen soll die in ihm erzeugte oder eingelassene warme Luft so festhalten können, daß dieselbe sich ganz gleichmäßig darin ausbreiten kann und es soll die Temperatur allenthalben im Ofen, oben oder unten, hinten oder vorn, eine möglichst gleiche, wenig unterschiedliche sein, da die Trockengegenstände hohe, bis an die Decke reichende, oder niedere, sich am Boden befindende, sein können und an allen Stellen gleich vollkommen getrocknet sein müssen. Öfen, welche diesem Zwecke nicht entsprechen, sind schlechte und genügen wenig. Solche trocknen oben zu stark, so daß die Bestandteile einer Form verbrennen können oder mürbe werden, während die am Boden befindlichen Formteile noch feucht geblieben sind; die Folge davon ist, daß mit großem Brennmaterialaufwande die Trocknung verlangsamt resp. verlängert werden muß.

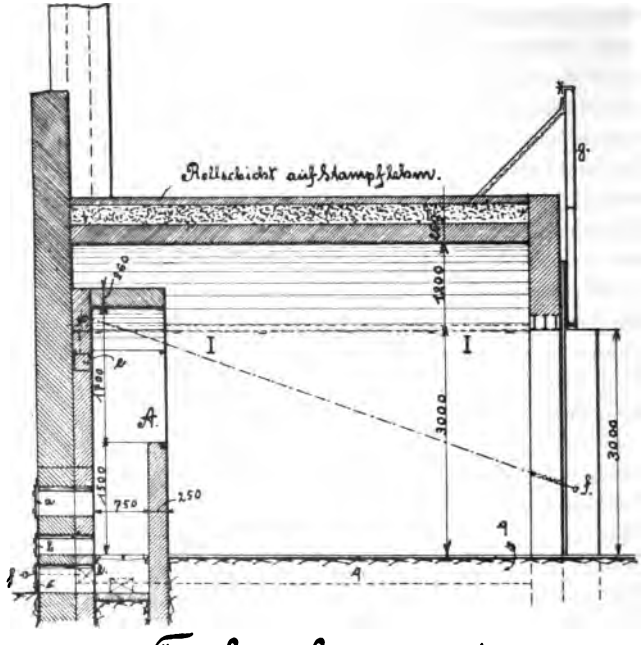
Die Trockenkammern werden meist mit direkt wirkendem Koksfeuer geheizt, und beträgt die Wärme, welche

für schwere Lehmgegenstände oder voluminöse Sandkerne, wie beispielsweise von ca. 0,8×0,3 m bei 1,5 m Höhe und darüber erreicht werden muß, etwa 400° C in der Weise, daß die Wärme bis dahin steigt und dann wieder fällt für einen Zeitraum von 12—16 Stunden. Beim Stahlguß werden die Formen vielfach bis rotglühend gebrannt. Die Temperaturen, bei welchen der Trocknung von Formgegenständen Genüge geleistet ist, müssen diesen angepaßte sein und bewegen sich von 80—400° C. — Das Brennmaterial muß möglichst trocken sein, denn sonst würde es noch Wasserdampf in den Ofen fördern können, statt ihn aus den Formstücken in seinen Brenngasen aufzunehmen und abzuführen. Daher ist Koks auch das geeignetste Material, besonders zur Erzeugung von hohen Temperaturen. Für kleine Wärmegrade genügt erhitzte Luft, welche ihrerseits beliebig erzeugt sein kann. Man benutzt Feuerungsanlagen, bei welchen durch Rohrsysteme die Feuergase streichen und die umbefindliche Luft erhitzen oder auch direkt den Dampf.

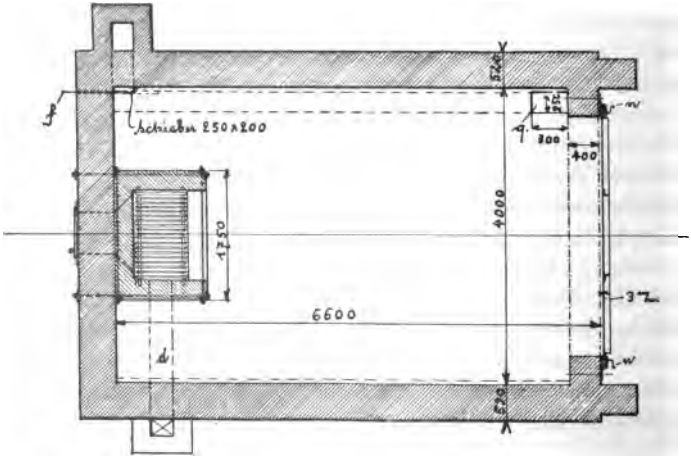
Kalkulatorisch bleibt für die Anlage einer Trockenkammer maßgebend: „Zur Trocknung benutzt man die Nacht wie zum Formen den Tag". Daraus ergeben sich alle Trockeneinrichtungen, bei welchen während der Nachtperiode eine besondere Aufsicht notwendig ist, gegenüber denjenigen, bei welchen diese Beaufsichtigung vollständig überflüssig ist, als kostspielige. Verfasser will sich nicht mit der Aufzählung der verschiedenen Trockeneinrichtungen befassen, welche bislang erdacht worden sind, da sich der Wert solcher Anlagen aus dem Besprochenen von selbst ergibt. Dagegen sollen Trockenöfen, wie solche Verfasser aus seinen Erfahrungen zuletzt hat herstellen lassen und in seinem Betriebe mit Vorteil benutzt hat, hier beispielshalber besprochen werden.

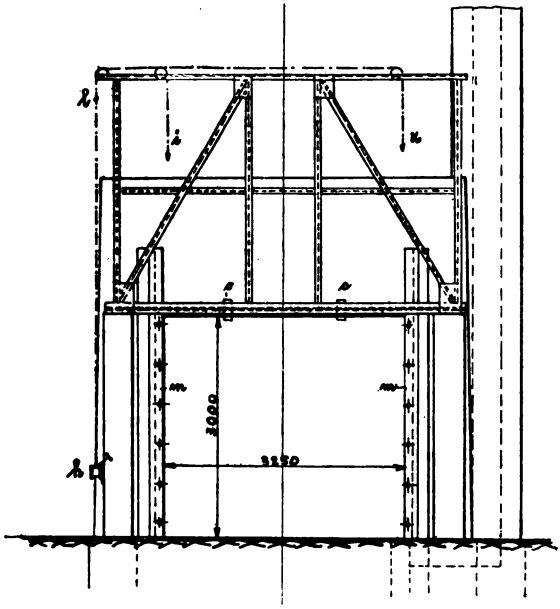
Der beistehend skizzierte Ofen ist durchweg aus „halbfeuerfesten" Steinen, wie eingangs erwähnt, hergestellt. Das Gewölbe stützt sich beiderseitig in eingemauerte ⊔-Eisen, welche mit Flacheisenanker vernietet, gegenseitig verbunden sind. Am Ende sind diese Flacheisen gerundet und mit

Gewinde versehen. Sie ragen durch das aufgehende Mauerwerk hindurch und damit verschraubte gußeiserne Rosettscheiben bilden eine solide Verankerung von Mauerwerk zu Mauerwerk, so daß sowohl der Gewölbedruck als auch das Seitenmauerwerk in fester Verankerung sich befinden. In dem Ofeninnern liegen zwei Stück mit den Außenwänden verankerte I-Eisen. Diese haben den Zweck, durch lose aufgelegte Schienen das Aufhängen von Kernen im Ofen zu ermöglichen und sind daher zweckdienliche Tragbalken, welche auch zum Aufschrauben von Spindellagern benutzt werden können, sofern man Lehmstücke im Innern des Ofens schablonieren will. Ein Feuergeschränke a) dient zum eventuellen Nachfüllen von Koks, wenn derselbe im Schachte A zufällig rascher niedergebrannt sein sollte, als die Trocknung der Formen bedingte, sonst ist dasselbe überflüssig. Es ist dasselbe mithin eine Hilfstüre, da die Füllung des Schachtes mit Koks sonst vor der Inbetriebsetzung, vom Innern des Ofens aus, durch die Öffnung bei A bewirkt wird. Unterhalb dem Türgeschränke a) befindet sich noch die Schlackentüre b), welche mit dem Rost in einer Ebene liegt und darunter ein Aschentürgeschränke c) zum Herausnehmen der Asche. Letztere Türe hat eine drehbare Rosette, um eventuell einen Luftzutritt unter den Rost ermöglichen zu können, wenn die Türe geschlossen ist. Der Luftzutritt unter den Rost erfolgt durch den Kanal d), dessen Einmündung vor Winddruck geschützt liegen muß, am besten innerhalb eines Gebäudes oder der Gießerei, andernfalls kann man denselben mit einem Blechschirme nach Wunsch umstellen. In den Schornstein münden zwei mit Schiebern e) versehene Öffnungen von 25×20 cm Größe, die Schieber sind mit Handgriffen f) versehen. Der eine Schieber e) befindet sich im Deckengewölbe, hoch oben, und der andere am Boden in dem Abzugskanale q). Es ist noch g) ein eisernes Gerüst, welches zum Heben der Ofentüre dient. Das Heben derselben wird durch eine Winde h) bewirkt, von welcher Drahtseile über Rollen geführt werden, welche mit der Türe

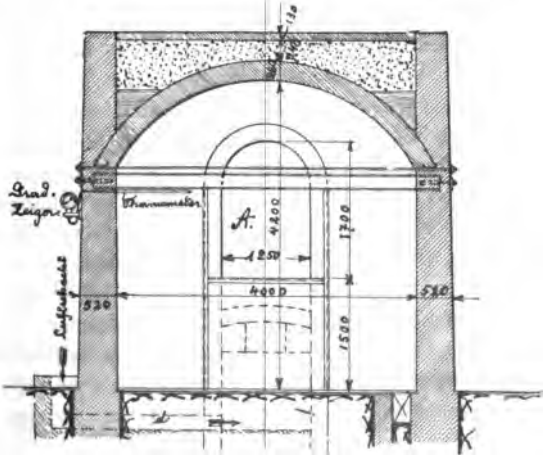


Trockenofen mit





regulierbarer Feuerung.



verbunden sind. Die Seile i) und k) sind bei l) vereinigt, so daß die Winde nur ein Seil wickelt. In gußeisernen verankerten Führungen m) gleitet die Ofentüre, welche mittelst Schrauben n), welche aus Rundeisen umgebogene Hebel- oder Handgriffschrauben sind, fest und dicht zum Abschluß des Ofens angepreßt werden kann. Zur oberen Abdichtung werden zwei Keile o) zwischen Tür und Eisengerüst überragende Fassungen eingeklemmt.

Die Füllung des Ofens mit Koks, welcher für die größten Anforderungen 400 kg betrug, erfolgt durch die Öffnung A in einmaliger Aufgabe. Ist der Schacht gefüllt und das Feuer angesteckt, so bleibt die Türe c) offen und a) und b) dagegen geschlossen. Stroh und Ansteckholz entwickeln einen starken Rauch, es wird daher auch das Ofentor geschlossen und der obere Kaminschieber e) vermittelst des Handgriffes f), welcher an der Seite des Ofentores sich befindet, geöffnet, so daß der Rauch direkt in den Kamin abgeleitet wird. Ist der Rauch abgezogen und der Koks in Brand geraten, dann wird dieser Schieber wieder zugezogen und dagegen der Schieber e), welcher den Kanal q) verschließt, mittelst seines Handgriffes f) an der Außenwand des Ofens geöffnet. Die sich entwickelnde Wärme strömt nun durch die Öffnung A in den vorher geschlossenen Trockenraum ein und verbreitet sich infolge ihres Auftriebes nach oben, wo sie durch die immer neu zuströmenden Wärmemengen nach unten gedrückt wird und zwar in ganz gleichmäßiger Schicht, weil es anders gar nicht möglich ist, so daß im ganzen Ofen, oben wie unten, eine fast gleichmäßige Wärmeverteilung herrscht. Der Abzug der mit Wasserdunst sich angereicherten Verbrennungsluft erfolgt durch Kanal q), durch eine Mündung desselben bei q), an einer Ecke der Blechtüre; der Kanal ist mit Platten abgedeckt und entweicht der Wasserdunst durch den darin befindlichen geöffneten Schieber e) in den Schornstein. Außerhalb des Ofens befindet sich eine Uhr, ein Gradmesser, durch welchen das im Ofen aufgehangene Fernthermometer die Hitzegrade im Ofen anzeigt. Die

Aschentüre c) bleibt so lange geöffnet, bis die Uhr den zur Trocknung gewünschten Hitzegrad im Ofen anzeigt. Danach wird diese Türe geschlossen und erfolgt der Lufteintritt unter den Rost nur noch durch den Kanal d). Auch wird nunmehr, da inzwischen die Erzielung der gewünschten Ofentemperatur von beispielsweise 400° C einige Stunden Zeit beansprucht, der untere Schieber e) selbst bis auf einen kleinen Schlitz von 2—3 cm Breite zugezogen, da nach jahrelangen Erfahrungen die Brennstoffgase sonst zwecklos dem Schornsteine zueilen. Die ersten Wärmeangriffe haben von den Trockengegenständen die äußerlich massenhaft vorhandenen Wasserteilchen verdampft und die tiefer liegenden, feuchten Stellen bedürfen der Zeit und Ruhe, um der Verdunstung durch das um sie befindliche Wärmebad folgen zu können, da sie durch die darüber befindlichen schon ausgetrockneten Schichten größere Wege und Widerstände zu durchwandern haben.

Zum Mindestverbrauch von Koks ist es sehr wichtig, daß die Stellung des unteren Schiebers e), welche nach einer gewissen Zeit der Inbetriebsetzung erfolgt, genau ausprobiert wird, denn die im Ofen anzusammelnde Wärme, welche in einer zur Verfügung stehenden, bestimmten Zeit die Trocknung der Gegenstände im Ofen zu vollziehen hat, hängt wiederum von der Geschwindigkeit ab, mit welcher man die Trockenluft entweichen lässt. Entweicht dieselbe zu rasch und teilweise unbenutzt, so wird viel an Brennmaterial vergeudet und dabei verbrennt dasselbe rascher, ohne daß die Gegenstände vollkommen trocken sein können, der Ofen ist zu früh kalt geworden, der Brennstoff war zu früh alle. Mithin ist das Trocknen an eine Zeit gebunden, die Wärme allein macht es nicht! Die Größe der Öffnunggebung des Schiebers e) hängt dann noch von dem vorhandenen Schornsteinzug, von der Dichte der Türen, von der Art und Weise der Luftzuführung unter den Rost und von der Beschaffenheit des Kokses ab. Ist alles in bester Ordnung, so genügt für die Inbetriebhaltung eines Brennofens von 26 qm Bodenfläche, wie der skizzierte, bei voller

Besetzung mit massigen Kernen oder Formstücken, ein Schlitz von 20 mm Breite der vorhandenen Öffnung von 200 mm Länge. Bedenkt man, daß ein Schieber bei welchem 20 mm Öffnung zur Erhaltung des Koksfeuers und des Abzuges der noch auftretenden, aber geringeren Wasserdünste als anfänglich, genügend wären, auf 200 mm geöffnet bliebe, so ergeben sich die Folgerungen hieraus ganz von selbst. Verfasser hatte an älteren Öfen mit ebenfalls innen offenem Feuer, ähnlich wie Skizze zeigt, gleichfalls die Abzugsöffnung unten an der Ofensohle, an dem Ofentürende liegen. Die Öffnungen waren nicht regulierbar und der Koksverbrauch betrug für dieselben Gegenstände wie in den neuen und beschriebenen Öfen genau das Doppelte.

Die Ofentüren werden meist aus Blech von $1^1/_2$ bis 2 mm Stärke gefertigt. Verfasser hat 3 bis $3^1/_2$ mm dafür gewählt. Es war eine Bekleidung der Türen mit Asbestplatten vorgesehen; die Versuche damit waren jedoch nicht sehr günstig, weshalb dieselben einfach mit dicker Schwärze — Schlichte — innen und außen bestrichen wurden. Die Wärmeausstrahlung war immerhin noch eine sehr große und würde es sich, wie bereits im Kapitel „Wärmeschutzmittel" hervorgehoben ist, empfehlen, die Türen doppelwandig zu machen, damit dazwischen eine Luftschicht als schlechter Wärmeleiter eingeschlossen bleibt.

Damit die Arbeiter mit der Wirkungsweise und der ökonomischen Ausnutzung des Brennmaterials eines neuen Ofenbetriebes, sowie mit der Erkenntnis aller Einwirkungen darauf, wie auch der von schlechtem oder nassem Kokse, rasch vertraut werden, empfiehlt es sich von Zeit zu Zeit oder stündlich die Wärmegrade am Ofen abzulesen und aufzuschreiben auf eine am Ofen hängende Schiefertafel. Ist einmal eine genaue Kenntnis über die benötigten Wärmegrade im Ofen, die Schieberstellung und den damit verbundenen geringsten Koksverbrauch erworben, dann geht der Ofenbetrieb auch stets nach Wunsch von statten, eine Beaufsichtigung des Nachts und eine Feuerschürung ist dann nicht nötig. Ein Gradmesser, ein Messinggehäuse,

genau wie ein Dampfmanometer, nur etwas größer, welcher von 25 zu 25 Graden bis auf 600° C eingeteilt ist, hat sich daher für die Ausnutzung des Brennmaterials, wie für den ganzen Trocknungsbetrieb als unerläßlich erwiesen.

Die offene Herdtrocknung ist vorteilhaft, denn für die Kleinformerei hat die Trocknung mit nur heißer Luft einen kleinen Nachteil im Gefolge, indem besonders bei Messingguß, die Gegenstände nach ihrem Abgusse etwas rauher aussehen, als bei offener Koksfeuer-Trocknung. Es muß angenommen werden, daß durch die Koksgase und die darin befindlichen massenhaften kleinen Staubpartikelchen, eine Ablagerung derselben sich auf und in den Formoberflächen vollzieht und die feinsten Pörchen ausfüllt, dadurch entsteht eine Schwärzung der Form und die kleinen Gußteile fallen verschönert aus, insbesondere wenn die Formflächen, der Sand, nicht besonders gegen den Hitzeangriff ausgekleidet worden sind.

Der skizzierte Ofen ist mit Blechplattenbelag versehen und werden die darauf zu stehen kommenden Formen oder Kerne mittelst untergeschobener Backsteine oder Gußstühlchen vom Boden getrennt gehalten, damit die Wärme darunter her streichen kann.

Über die Wirkungsweise des Ofens geben nachfolgende Betriebs-Notizen einigen Aufschluß.

1. Füllung 360 kg Koks:

Uhr	6^{45}	abends	Anzündung	.	.	Wärmegrade	0° C
„	8	„	zeigte der	Gradmesser		„	150 „
„	8^{45}	„	„	„		„	250 „
„	1^{15}	nachts	„	„		„	315 „
„	2^{10}	„	„	„		„	250 „
„	7	morgens	„	„		„	175 „

Trockenzeit: 12 Stunden. Inhalt: Schwere Kerne, nicht befriedigend trocken; dünne Kerne, brauchbar.

2. Füllung 600 kg Koks:

Trockenzeit von 5 Uhr abends bis 6 Uhr morgens; der Ofen war voll besetzt mit schweren Kernen und Formstücken; es war der ganze Inhalt steinhart getrocknet.

3. Füllung 360 kg Koks:

Uhr	3	mittags	Anzündung . .	Temperatur	0° C
„	4^{50}	„	waren vorhanden .	„	240 „
„	11^{30}	nachts	„ „ .	„	315 „
„	6^{30}	morgens	„ „ .	„	190 „

Trockenzeit: 15 Stunden. Die Kerne, welche 80 mm vom Boden erhöht standen, waren brauchbar trocken; solche welche direkt auf dem Boden standen, waren äußerlich trocken, jedoch unten, im Inneren, nur ungenügend getrocknet.

In der Folge wurde der Ofen, um allen Vorkommnissen vorzubeugen, mit 400 kg Verbrauchskoks geheizt. Es blieben stets ca. 50 kg Koks auf dem Roste unverbrannt zurück, welche dann wieder verwertet wurden, so daß die jedesmalige Gesamtkoks-Aufgabe 450 kg betrug. Um den Restkoks zu mindern, wurde späterhin die Rostfläche verkleinert, indem die Enden rechts und links mit Steinen und Masse schräg ausgefüllt wurden, so daß der Rost nur noch 0,6 qm Größe hatte, was die Feuerwirkung nicht im geringsten beeinträchtigte. — Die Türen der Feuergeschränke a), b) und c) waren durch Hobelung dicht aufgepaßt; sie befanden sich auf dem Hofe, außerhalb der Gießerei; stieß der Wind dagegen, so war der Ofenbetrieb gestört, der Koks verbrannte nicht allein in der halben Zeit, auch die feuerfeste Ausmauerung der Feuerung selbst schmolz gleich Wachs in der Sonne träufelnd herunter. Es wurde deshalb der Kanal d) angelegt, welcher im Innern der Gießerei sich befand und vor Wind und Zugluft geschützt lag.

Als Rostfläche rechnet man für offen wirkende Koksfeuer pro 10 qm Bodenfläche des Ofens = 0,35 qm für Wärmegrade bis 400° C. Hat man nur 100° C Wärme nötig, so genügt dem geringen Koksverbrauche gemäß auch $^1/_4$ der Rostfläche; da man aber bei solchem geringen Koksverbrauche die Koksschicht niedrig halten muß, da sonst beim Durchbrennen einer hohen Schicht auch die Wärmeentwickelung rasch steigt, so muß die Rostfläche verhältnismäßig größer gewählt werden, vorausgesetzt, daß insbesondere

nachts, und ohne besondere Aufsicht und ohne besondere Unkosten dafür, getrocknet wird, mithin auch der Koks auf einmal aufgegeben wird. — Man kann bei geordneter Heizung annehmen, daß pro Stunde ca. 50 kg Koks auf 1 qm Rost verbrennen können. Muß man innerhalb zehn Stunden in einer Trockenkammer 200 kg verbrauchen, so genügt auch eine Rostfläche von $\frac{200}{10.50} = 0{,}40$ qm. — Bei Wärmegraden unter 200° C., 10—12stündiger Trockenzeit, wenig Koksverbrauch bei niederer Koksschichtung, kann man allgemein die Rostfläche zu 0,175 qm pro 10 qm Bodenfläche annehmen. — Man rechnet noch für 100 kg Steinkohlenbrand pro Stunde = 1,6 qm totale Rostfläche, und für desgleichen bei Braunkohle = 2,1 und bei Holz = 2,4 qm. — Indirekte Feuerungen, bei welchen die Luft zur Trocknung besonders erhitzt wird, sind da vorteilhaft, wo nur wasserhaltiges oder flammendes Brennmaterial zur Verfügung steht, wie Torf, Braun- und Steinkohle, Holz.

Die Temperaturdifferenz kann in einem Ofen groß werden, wenn das Feuer die Wärme strahlend in den Ofen senden kann, dadurch, daß dasselbe frei und offen im Ofeninnern angelegt ist. Die vom Feuerherde aufgehende und strahlende Wärme verletzt daselbst das Ofengewölbe und kann Eisenteile zum Glühen bringen; die seitliche Strahlung verbrennt die Kerne, welche davon getroffen werden. Eine innere Feuerung muß daher ummauert und verankert sein, wie Skizze zeigt, und ein besonderes Gewölbe haben. Nur die Einwurföffnung für den Koks soll zugleich Wärmeaustritt sein und muß die Höhe der Mauerung daselbst so hoch bemessen sein, daß sich die Kokseinfüllung noch bequem ermöglichen läßt. Außer dieser Füllöffnung kann noch seitlich, rechts und links, eine Schlitzöffnung im Schachtmauerwerk belassen werden, damit auch auf den Schachtseiten Wärme austreten kann.

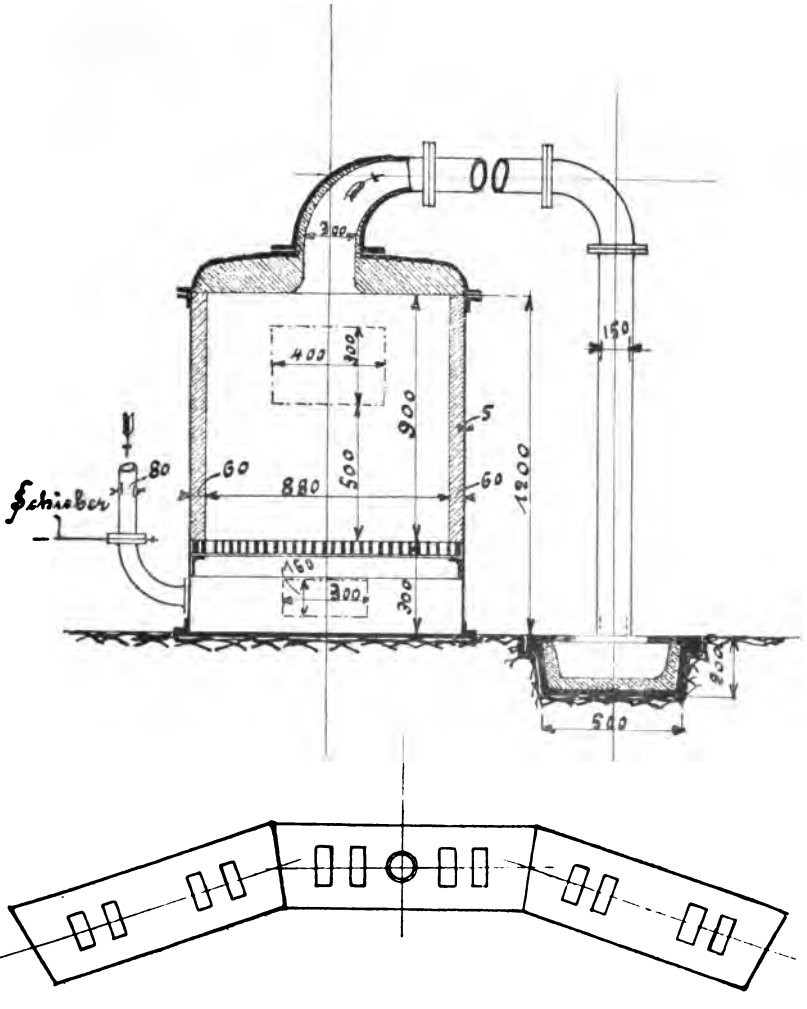
In dem beschriebenen Ofen ist eine Temperaturdifferenz von oben gegen unten nur anfänglich vorhanden, wenn die

Heizgase die Trocknung von oben nach unten bewirken und sich daher oben zuerst die Wasserentziehung der Formen vollzieht. Späterhin, wenn der Abzugsschieber soweit geschlossen ist, daß sich nur noch das Brennmaterial in einer gewissen Entzündung erhalten soll und die innere Trocknung der Kerne oder Formen eintritt, hat Verfasser eine Wirkung von Temperaturdifferenz selbst an den massigsten Sandkernen nicht wahrgenommen; sie ist daher belanglos gewesen.

Der Essenquerschnitt kann bei Koksfeuer klein gehalten werden. Der skizzierte Ofen hatte einen solchen von 0,35×0,25 m, da er für zwei nebeneinander liegende Öfen diente und daher für eine stündliche Koksverbrennung von ca. 75—80 kg bemessen war. Um dem beim Anzünden der Feuerung auftretenden Rauche einen raschen Abzug zu gewähren, hätte dieselbe auch nicht kleiner gewählt sein dürfen. Bei flammenden Brennmaterialen nimmt man für Essenquerschnitte bei Steinkohlen: $^1/_4$ bis $^1/_6$, bei Braunkohlen $^1/_6$ bis $^1/_{10}$ der totalen Rostfläche an. Die Essenhöhe wählt man 2 bis 3 m über Dachhöhe.

II. Die Trockenapparate.

Die Trockenapparate sind in ihrer Konstruktion meist nur einfache Blechöfen, welche entweder feststehend sind oder transportabel. Im ersteren Falle werden die Trockengase vermittelst Leitungen in die Formen geblasen und im anderen Falle fällt die Leitung weg und setzt man mittelst der Gießereikrane die Öfen direkt auf die Gußformen auf. Die Öfen werden fast durchweg mit Koks geheizt unter Anwendung eines Gebläses, welches die Luft zur Verbrennung des Kokses unter den Rost fördert oder auch gleichzeitig die abziehenden Gase mit derselben in Mischung bringt und in die Formen einbläst. Alle Öfen, bei welchen die Luft den abziehenden Gasen beigemengt wird, befriedigen nicht, denn die Luft ist ein schlechter Wärmeleiter, sie braucht Zeit, um sich auf die Temperatur der Abzugs-



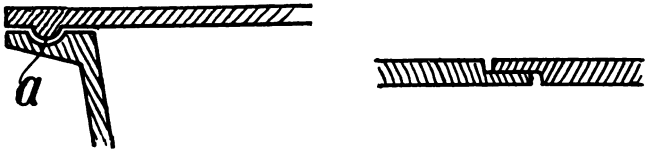
Transportabler Trockenofen.

gase, welche rasch vorwärts getrieben werden, zu erwärmen; befindet sich der Ofen noch über der Form, so ist der Weg und die Mischungszeit noch sehr gekürzt und sie gelangt dann nach dem Gesetz der Schwere in die Form. Da sie nicht genügend erwärmt ist, so eilen die stärker erwärmten Heizgase oben und die kältere Luft unten durch die Formhöhlungen hindurch; es trocknet daher die Form oben, während sie unten weniger angegriffen wird. Dadurch wird die Trocknung einer Form sehr erschwert und die Trockenzeit eine sehr verlängerte. Aber noch ein anderer Umstand wirkt störend. Die Koksgase enthalten in großer Menge Verbindungen aller Art, welche sich in einer Temperaturabnahme zersetzen und ausscheiden. Die Abkühlung in der Form allein bewirkt schon einen weißen Niederschlag von Teerverbindungen, tritt hierzu noch eine Abkühlung durch beigeblasene kalte Luft, so vermehrt sich dieser Niederschlag an den Formwänden in oft störender Weise, so daß die nach ihrer Trocknung weiter zu behandelnden Formen, welche geschwärzt und nachgetrocknet werden müssen, große Schwierigkeiten bereiten, da diese Niederschläge erst beseitigt werden müssen, was bei vielgestaltigen Formstücken oft sehr lästig ist.

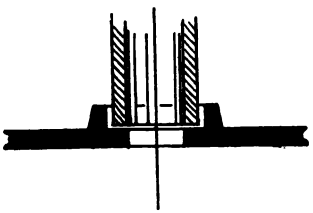
Es gibt eine große Anzahl von Trockenapparaten und laufend werden neue empfohlen und ältere abgeändert und verbessert. Verfasser beschreibt in nachfolgendem einen feststehenden Trockenapparat, wie er sich solchen für seine Zwecke hat herstellen lassen und welcher eine vorteilhafte Wirkungsweise gezeigt hat.

Der skizzierte Trockenofen ist ein verstellbarer Blechofen. Im vorliegenden Falle wurde derselbe an der Gießereimauerwand aufgestellt, damit er nicht hinderlich war. Vor dem Ofen, im Bereich eines Drehkranes waren in den Gießereiboden gußeiserne Rinnen eingelegt, welche mit Masse ausgefüttert waren, um die darin zirkulierende heiße Luft vor Wärmeabgabe an den Bodensand zu schützen. Darüber befanden sich gußeiserne Abdeckplatten mit Schlitzen. Auf je zwei Schlitze wurde ein mit Sand ausgestampfter, die

Form enthaltender, schwerer, transportabler Formkasten mittelst des Kranes aufgesetzt. Die Abdichtung der Deckplatten auf der Rinne erfolgte durch Sandstreuung in den Rillen a) und diejenige der Platten unter sich mittelst Falz, zwischen welchen etwas Lehm zur Dichtung gestrichen war.



Der Ofen aus Blech von 5 mm Stärke hat einen Rundrost aus drei Teilen. Der Ofenschacht ist mit 60 mm starker Schamottemasse ausgestrichen. Unterhalb des Rostes, in den Aschenfall mündet das Windrohr von 80 mm Diam., welches mit einem Schieber versehen ist; der Ofendeckel ist aus Gußeisen, er ist mit eingegossenen Pinnen versehen, um der eingekneteten Schamottemasse einen sicheren Halt zu gewähren. Der Gasableitungskrümmer ist ebenfalls ganz mit Schamotte ausgefüttert. Daran ist eine gewöhnliche gußeiserne Rohrleitung von 150 mm Weite angeschraubt, welche sich in der Mitte auf eine Abdeckplatte der Bodenrinne aufsetzt. Die Platte hat, wie Skizze zeigt, eine kleine Muffe, in welcher das Rohr mit Lehm eingedichtet ist. Die Aschentür wie auch die Füllschachttür stehen unter dem Drucke der eingeblasenen Luft und müssen daher dicht gearbeitet sein und mit Lehmrand zur Abdichtung umschmiert werden können. Es konnten sechs Formkasten auf die Schlitze gestellt werden, waren es weniger, so wurden die unbenutzten Schlitze zugedeckt. In dem Windrohr vor dem Ofen war ein Blechschieber zwischen zwei Flanschen eingebaut, um den Wind regulieren zu



können. Wie ersichtlich konnten nur Koksgase in die Rinne und aus dieser durch die Formen geblasen werden und keine Luft, auch nicht in Mischung mit denselben. Die Formkasten waren in ihren Luftaustrittsstellen mit Blechdeckeln belegt, um ein zu rasches Entweichen der heißen Gase zu hindern oder mildern zu können; war eine Form früher trocken als die andere, so wurde die Austrittsstelle ganz zugelegt, eventuell noch Sand über den Blechdeckel gehäuft.

Die Ofenleistung war die folgende:

Angesetzt wurden 140 kg Koks und so geblasen, daß dieselben nach sechs Stunden verbrannt waren. Es waren dabei sechs Formkasten von je 0,2 cbm Sandmasse gebrauchsfähig getrocknet. Rechnet man 10 cbm Wind zur Verbrennung von 1 kg Koks, so war ein Gebläse erforderlich $\frac{140 \cdot 10}{6 \cdot 60}$ = ca. 4 cbm Wind pro Minute, wofür man aber zweckmäßig ein Gebläse von 6 cbm zu wählen hat.

Die Trocknung derselben Formen über offenem Kohlenfeuer, welches durch die Formen seinen Abzug hatte, erforderte früher einen Brennstoffaufwand von 1,40 Mk. pro Form = 0,2 cbm Sandmasse und dagegen nunmehr, wenn man den Zentner Koks zu 1,00 Mk. rechnet, nur noch 50 Pfg. inkl. Anmacheholz, wenn man Anlagekosten und Gebläsekraft außer acht läßt.

Der beschriebene Ofen unterscheidet sich von den sonst gebräuchlichen Trockenöfen dadurch, daß keine Luft direkt den Brenngasen außerhalb des Feuers beigemischt wird. Es können daher Übelstände infolge unvollkommener Mischung und Erwärmung derselben nicht auftreten. — Benötigt man eine große Trockenluftmenge, wozu die kleineren Öfen nicht ausreichend genug sind, so ist der einfachste Trockenofen eine Heizkammer von welcher die Brenngase in isolierten Leitungen in die Gießerei gelangen können und von dort Anschlüsse an die Formkasten finden oder auch die Kasten eventuell direkt darüber gestapelt werden. Die Anschlüsse müssen regulierbar sein und ersetzen während

des Betriebes die Esse. Man hat somit alle gewünschten Vorteile, man kann heizen nach Wunsch und Bedarf, denn ein so großer Ofen ist ein vorzügliches Reservoir, in welchem sich die erzeugten mehr oder weniger heißen Gase vorzüglich mischen und daher nicht empfindlich wirken können. Der Wärmegradmesser des Ofens zeigt dann stets an, wenn eine größere Verbrennung, durch Luftzufluß oder Verringerung desselben zum Brennmateriale notwendig ist. Legt man eine solche Heizkammer unterhalb der Gießereiflur an, so braucht man nicht einmal einen Ventilator für die Luftzufuhr unter dem Feuerungsrost und als Druckerzeuger für deren Weiterbewegung durch die Formkasten, da die Luft von selbst steigend wirkt und einen gewissen Druck ausübt. Im anderen Falle ist, wie bei dem beschriebenen kleinen Trockenofen, durch dichte Türen, Regulierbarkeit der Windzufuhr unter dem Rost, wie auch bei allen Austritten der Gase in die Formen, Sorge zu tragen.

II. Die Inoxydation des Gußeisens.

I. Bower-Barff-Daumesnil-Verfahren.

Die Inoxydation von Guß- und Eisengegenständen nach dem Systeme Barff und Bower erfolgt in Glühöfen, welche durch Generatorenfeuer erhitzt werden. Im Generator werden die Kohlen in Gas — Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff — verwandelt, dabei also unvollständig verbrannt, d. h. nicht in Kohlensäure umgewandelt. Durch eine einfache Ventilsteuerung lassen sich diese Generatorgase direkt, oder mit mehr oder weniger erhitzter atmosphärischer Luft gemengt, in den Ofen und über die darin befindlichen Gegenstände leiten. Die Lufterhitzungsrohre liegen in Kanälen, welche von den Verbrennungs-Produkten durchströmt werden, ehe diese zum Schornstein ziehen. Die ganze Operation umfaßt zwei Perioden. Während der ersten 15 Minuten gelangen die Generatorgase mit Luftübesrchuß in den Ofen über die dunkelkirschrot glühenden

Gegenstände (600—700°), wo dieselben durch ihren Sauerstoffgehalt oxydierend auf die Oberfläche der Gegenstände wirken, welche sich mit rotem Eisenoxyd überziehen. Die folgende zweite Periode währt 20 Minuten, in welcher Zeit der Luftschieber geschlossen bleibt; man leitet dann über die Gegenstände direkt die unvermischten und unverbrannten, daher reduzierend wirkenden, d. h. Sauerstoff anziehenden Generatorgase, welche durch ihren Gehalt an Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffen das rote Eisenoxyd in das blaue rostschützende Magneteisen verwandeln. Schmiedeisen erfordert, weil wenig kohlenstoffhaltig, als dritte Periode, zur Unterstützung der Reduktion, das Überleiten von Wasserdämpfen, welche man vorher auf 700° erhitzt hat. Durch Wiederholung dieser Einwirkungen kann man die Dicke der Inoxydationsschicht beliebig verstärken.

Nach den Versuchen der Material-Prüfungs-Anstalt am Königlichen Polytechnikum zu Stuttgart verhielten sich inoxydierte Rundstäbe von 20 mm Diam. in bezug auf ihre absolute Festigkeit, wie folgende Tabelle angibt:

Qualität:	Bruch pro qmm Ko.	Dehnung % bei 200 mm L.	Kontraktion % d. ursp. Querschn.	Lösung der Oberfläch-Schicht bei Ko. p qmm
Festigkeitsbefund verschiedener Gußeisen-Stäbe.				
Rohstäbe, nicht inoxyd.	18,6—20,8	—	—	—
Mittel der Versuche	19,7	—	—	—
Rohstäbe, inoxydiert . .	17,7—20,2	—	—	—
Mittel der Versuche	18,9	—	—	löst bei Bruch nicht
Festigkeitsbefund verschiedener Schmiedeisen-Stäbe.				
Rohstäbe, nicht inoxyd.	33,6—38,0	14—20	21—34	—
Mittel der Versuche	35,6	17,5	28,2	—
Rohstäbe, inoxydiert . .	32,9—36,0	13—22	21—41	16,1—22,6
Mittel der Versuche	34,5	19,0	30,8	20,1

Die aus der Tabelle ersichtliche Zunahme der Dehnung und Kontraktion der schmiedeisernen Stäbe kann

naturgemäß nur als eine Folge des langsamen Glühens und Erkaltens derselben, nach vollzogener Inoxydation, angesehen werden.

Aus der Tabelle läßt sich noch folgern, daß bei den vorliegenden geringen Inoxydationsüberzügen der Stäbe die absolute Festigkeit sich verringerte:

bei Gußeisen um 4 %,
bei Schmiedeeisen um 3 %,

welche Festigkeitsverminderung beim Gußeisen, durch Bildung von erheblichen Inoxydationsschichten, soweit sich steigern kann, daß dieselbe sehr beträchtlich ist, wie es sich nach Versuchen des Verfassers an sehr innig haftenden Schichten, wie sich solche zuweilen an den Hohofen-Winderhitzungsrohren bilden, ermessen ließ. Bei mehr als 30 % beiderseitiger Inoxydationsschichten, vom Gesamtquerschnitte eines Gegenstandes, kann man die Festigkeit des von den Inoxydationsschichten befreiten Materials, welches man mit „mürbe“ bezeichnen kann, nur noch als gering annehmen.

Mit der Stärke einer Inoxydationsschicht wächst deren Spröde und Absprengbarkeit. Bei Gußeisen findet für absolute Festigkeit (Zug) eine Ablösung der Schicht vor dem Zerreißen nicht statt, was jedoch nicht bedeutet, daß die Schicht ebenso große Festigkeit besäße wie das Material selbst, sondern nur eine Folge davon ist, daß Gußeisen vor seinem Bruche weder eine merkliche Dehnung noch Kontraktion annimmt, also unelastisch ist. Anders muß dieses Verhalten bei rückwirkender (Druck) Festigkeit sich gestalten, wo die Elastizitätsgrenze dieses Materials genau in der Mitte liegend anzunehmen ist, wie das skizzierte Diagramm Seite 80 zeigt, worin die Bruchbelastung zu 78 kg pro qmm angeführt ist. Für bearbeitete Hohlgegenstände beträgt dieselbe verhältnismäßig nur 44 kg, wie aus dem Diagramm ebendaselbst ersichtlich ist. Demzufolge kann auch die Inoxydationsschicht in diesem Falle nur bis zu dieser für Gußeisen wenig elastischen Elastizitätsgrenze von 39 resp. 22 kg pro qmm haftbar bleiben, vorausgesetzt,

daß dieselbe äußerst gering ist, da andernfalls die Bruchbelastung mit Zunahme der Oxydationsschicht sich rasch verringert und bei über 18 % des Gesamtquerschnittes für Druck nur noch 14,4 kg, für Biegung (relative Festigkeit) nur 8,4 kg betragen kann[1]). Es dürfte im letzteren Falle die Haftbarkeit der Oxydschicht auch nur 7,2 kg für Druck betragen.

Infolge der in der Brennluft sich bildenden festhaftenden Oxydschichten erleidet das Gußeisen eine solche Umwandlung, daß sein spezifisches Gewicht, auch durch Aufblähung mitverursacht, geringer wird. Wie bereits Seite 101, § VI, bei Brandeisen, angegeben ist, beträgt dasselbe für das vom Oxyd befreite Eisen, dessen Oxyd sich als festhaftendes Magneteisen erwies, bei einer Inoxydationsschicht von über 18 % des Gesamtquerschnittes nur noch 6,3 statt 7,3, war also um 1 kg gesunken. Es ist also anzunehmen, daß Substanzen aus dem Materiale ausgeschieden sind und an der Oberfläche in Oxydschichten sich mit umgewandelt haben. Nach der, Seite 102 mitgeteilten Analyse war der geb. Kohlenstoff gänzlich verschwunden und nur noch Graphit (Temperk.) vorhanden, auch augenscheinlich ein großer Prozentsatz Silicium ausgewandert und an der Oberfläche verschlackt worden.

Durch Glühen[2]) von Gußeisen erfolgt je nach der Stärke und Einwirkungsdauer der Erwärmung ein Wandern der mit dem Eisen verbundenen Substanzen, gleichwie eine Entkohlung desselben. Es werden vornehmlich Silicium, danach Phosphor und Mangan ausgelaugt, an die Oberfläche geführt, wo sie sich in Oxydschichten verwandeln, verschlackt werden. Für den Phosphor scheint eine höhere Temperatur als für Silicium erforderlich zu sein, Mangan

---

1) Als Folge langer und wiederholter Glühzustände, wie solches sich aus den Versuchen des Verfassers über Brandeisen, Kap. VI, Seite 101, ergeben hat.

2) Das Folgende ist der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ Nr. 9 1885 entlehnt, worin Herr B. Platz, Duisburg, eine diesbezügliche Arbeit veröffentlicht hat.

scheidet am unerheblichsten aus. In einem Glüheisen fand Platz in vier hintereinander liegenden Abstufungen, welche sichtlich durch die Wärme Veränderungen erlitten hatten, in:

	Silic.	Ph.	Mgn.
I. a) dem Glühspane	3,41%	1,02%	—
b) der Schicht, auf welcher der Glühspan lagerte	1,83%	0,58%	—
c) der weiter befindlichen Schicht von 4 mm Stärke, welche weiße, grobe Körnerbildung zeigte	0,15%	0,9b%	0,05%
d) der darunter befindlichen stumpfgrau aussehenden Schicht	2,70%	0,96%	0,68%

in einem anderen Falle:

II. im Glühspan	5,79%	4,19%	1,16%
im verbrannten Eisen	2,09%	1,17%	0,86%
im gesunden Eisen	2,57%	1,71%	0,88%

Aus diesen und anderen Versuchen konnte Platz zur Genüge die Wanderung und die damit verknüpften Änderungen des Eisens in bezug auf seine sonstigen Eigenschaften ableiten. Derselbe folgerte weiter, daß die zum Ausschmelzen des Phosphors benötigte Wärme im Beispiele I nicht hoch genug war und ferner, daß bei hoher Temperatur selbst die im Glühspane sich ansammelnden Phosphate und Silicate leicht herauschmelzen, wie an folgendem Beispiele eines Kokstüreinsatzes hervorgeht.

Es enthielt

	Fe.	Silic.	Ph.
das gesunde Eisen	91,20%	1,71%	1,86%
der Glühspan	68,93%	0,46%	0,09%

Aus dem Mitgeteilten geht hervor, daß infolge des Glühens Silicium und Phosphor ihrem Mengeverhältnis nach nicht gleichmäßig in einer oxydierenden Atmosphäre verbrennen, vielmehr ihre Oxydation längst beendet ist, wenn das Eisen die seinige erst teilweise beginnt.

Ist nun bei der Inoxydation des Gußeißens auch anzunehmen, daß bei der dabei vorkommenden geringen Oxyderzeugung auf dessen Oberflächen die Veränderungen des Materials und dessen Festigkeitsverminderung nur geringe sind, so bleibt doch zu beachten, daß nicht jedes Gußmaterial

sich gleichwertig zur Inoxydation eignen dürfte und daß bei Erzeugung einer starken inoxydierten Oberfläche die damit hervorgerufenen Substanzveränderungen wohl zu beachten bleiben.

Der durch die Inoxydation bewirkte Überzug schützt im allgemeinen, und in absolut wirksamer Weise, die damit überzogenen Guß-, Schmiedeeisen- wie Stahlgegenstände vor der Zerstörung durch Rost. Die Oxydschicht widersteht jeder Einwirkung von süßem, alkalischem oder salzhaltigem Wasser, aller in der Luft verbreiteten Gase und Agentien, und ist absolut der Gesundheit nicht schädlich. Der Überzug ist von einer graublauen Farbe, welche ohne Kosten zu verursachen in die so bekannte, schöne, schwärzliche Farbe, wie solche alte Gegenstände zeigen, umgewandelt werden kann, so daß die inoxydierten Gegenstände ein verschönertes Aussehen erhalten.

Zur Inoxydation eignen sich alle Gegenstände, welche einer Formveränderung infolge des Glühprozesses widerstehen können, oder bei welchen durch spätere Bearbeitung, wie auch durch Biegen und Belasten, eine Absprengung der Oxydschicht, infolge Anstrengung des Materiales über die Elastizitätsgrenze hinaus, oder durch Schlag- und Stoßwirkungen nicht zu befürchten ist.

Demnach eignen sich zur Inoxydation insbesondere:

Alle Poteriegegenstände, Öfen, Ornamente und Kunstgußteile, kleinere Rohre, Pumpen, Gitter, Geländer, Dachfenster, Dachbedeckungen (Wellbleche) etc.

und es eignen sich nicht:

Größere Rohre, Draht, zu vernietende Eisenteile (Brücken), gußeiserne Säulen etc.

Bei der Inoxydation kleiner Gegenstände wirkt dieselbe noch insofern günstig, als sie die diesen Gegenständen infolge ihrer Dünne anhaftende Sprödigkeit durch den langsamen Glühprozeß vollständig benimmt, indem die chemische Verbindung ihres gebundenen Kohlenstoffes mit dem Eisen teilweise gelöst wird, wodurch das Material weich und elas-

tischer wird. Was die kalkulatorische Seite der Inoxydation betrifft, so bietet dieselbe manches zur Überlegung.

Die Inoxydation verlangt zur Erzeugung eines schönen Aussehens naturgemäß ein dichtes, porenfreies und bei Gußeisen reines, von jeglichem Sand und Schmutz freies Material. Da wo diesen Bedingungen nicht entsprochen werden kann, ist die Inoxydation mit Vorteil nicht ausführbar. Die den Gußstücken anhaftenden Unreinheiten, wie reiner oder eingebrannter Sand oder verschmolzene Formhüllungen, hindern die Oxydbildung. Poren im Eisen werden durch die meist mehrfach zu wiederholenden Glüh- und Gasüberleitungsprozesse erweitert und die Gegenstände demzufolge unansehnlich. Es ist also Bedingung, daß da, wo diesen Erfordernissen nicht entsprochen wird, erst auf deren Erfüllung hingearbeitet werden muß, sei es durch Änderung des Formverfahrens oder durch Wahl der geeignetsten Roheisensorten. Manche Roheisen gießen sich augenscheinlich dicht und scharf, während sie unter ihren Oberflächenschichten häufig kleine und kleinste Poren in großer Menge enthalten. Bei einem solchen Eisen wird, infolge des zur Inoxydation notwendigen wiederholten Glühens, die an den Gegenständen sich als Überzug über den Poren gebildete Haut verglüht, abgebrannt oder in Oxyd verwandelt, und es kann der vorher glatte, dichte Gegenstand, nach erfolgter Inoxydation, sich derart mit Poren behaftet erweisen, daß seine Verwendung nicht mehr möglich erscheint. Da aber ferner die Bildung der vor Rost schützenden Magneteisenschicht auch durch die Zusammensetzung des über dem glühenden Gegenstand hingeleiteten Kohlengases beeinflußt wird, so ist auch hierin eine gewisse Erfahrung zu erlangen, wenn die Schicht die geringste Spröde mit der größten Haftbarkeit verbinden soll. Entspricht das Gesagte vornehmlich in bezug auf kleinere Gußgegenstände, so tritt für größere noch der Umstand hinzu, der durch Deformation der Glühgegenstände, ganz besonders aber dadurch hervorgerufen werden kann, daß man nicht in der Lage ist, den eingangs geschilderten Bedingungen: „Sand frei,“

„Poren frei," „glatte Oberflächen" — entsprechen zu können. Die Art und Weise der Herstellung solcher größerer Gegenstände, der Schwärze-Überzug der Form und der Kerne eines Gußgegenstandes bilden oft geringere oder größere mit dem Eisen innigst verbundene, fest verschmolzene Überzugspartikelchen, wie solche vornehmlich die Koksteilchen, in den meisten Schwärzen, hervorrufen. Um nun einen solchen rauhen, massigeren Gegenstand, wie es beispielsweise Säulen, große Rohre sind, zweckmäßig vor Rost durch Inoxydation schützen zu können, ist es notwendig, diese weiter zu treiben, als es für dünnere, glatte Gegenstände notwendig wäre, das heißt, die rostschützende Inoxydationsschicht muß dicker gestaltet, erzeugt werden, damit dieselbe unter den sie behindernden Oberflächenbildungen der Gegenstände sich fortpflanzt. Denkt man sich ein Rohr, eine Säule, so sind solche eine erheblich längere Zeit dem Glühprozesse auszusetzen, um jenen rotschützenden Überzug zu erlangen. In dem Maße aber, als eine solche Schicht, gegenüber der für kleinere Gegenstände zu bildenden, erheblich stärker wird, sinkt die Festigkeit des Materiales mit, und während dieselbe bei den kleineren Gegenständen unerheblich, um nur 3—4 % sinkt, erfolgt dieses hier in mit der Dicke ungleich mehr zunehmendem Maße. Hieraus ergibt sich die Anwendbarkeit des Verfahrens in bezug auf kalkulatorische Verkaufsgegenstände ganz von selbst. So würde z. B. die Herstellung von inoxydierten Rohren für private Zwecke sich empfehlen, während deren Anwendung zu großen Wasserleitungen, infolge der daran gestellten Forderung der unbeeinträchtigten Festigkeit des ursprünglichen Materiales, eine größere Wandstärke, einen höheren Preis, und demzufolge größere Unveräußerlichkeit zur Folge haben würde.

Was nun die Inoxydation und deren Anwendbarkeit im allgemeinen betrifft, so ist es über allen Zweifel erhaben, daß dieselbe zu den verschiedenen technischen Anwendungen teils zur hohen Vollkommenheit gebracht ist und andernfalls gebracht werden kann, wenn die bereits besprochenen

technischen Schwierigkeiten beseitigt sind; ebenso ist es aber klar, daß, im kalkulatorischen Sinne, deren Anwendbarkeit eine beschränkte bleibt. Wenn heute, nachdem das Verfahren bereits seit vielen Jahren bekannt und von verschiedenen Seiten die Lizenz zur Ausführung erworben ist, noch immer keine bahnbrechenden Erzeugnisse auf dem Markte sich gezeigt haben, so dürfte das sich aus den die Bedingungen erfüllenden Erörterungen, welche für die Bewirkung einer vollkommenen Inoxydation angeführt wurden, herleiten lassen, und zwar in spezieller Verbindung mit den Herstellungskosten, welche sich aus der Erwerbung der Lizenz, der Lizenzbelastung pro Tonne der hergestellten Waren im besonderen, und dem durch Nichtentsprechen der erwähnten Anforderungen an das Gußeisen, erwachsenden Ausschußware herleiten. Daß nicht jedes Hüttenwerk den gestellten Bedingungen an die Gußwaren voll entsprechen kann, dürfte gewiß sein; sind doch nicht wenige auf begrenzten Bezug ihrer Materialien, zufolge ihrer Lage, ja auch ihrer Geldverhältnisse, wie auf den der Kohlen, des Roheisens, der Formsande, geradezu angewiesen und können deshalb darin eine Änderung nicht ertragen.

Was aber die Inoxydation speziell noch als eine wertvolle Erfindung erscheinen läßt, das sind die Farben, welche einem inoxydierten Gegenstande in Form einer Emaille gegeben werden können, und welche fast unzerstörbar sind, sogar die Einwirkung von schwacher Rotglühhitze ohne merkliche Einwirkung vertragen. Diese Farbengebung, welche nach vollzogener Inoxydation eines Gegenstandes, durch Auftragung von borsaurem Bleioxyd, dem eine gewünschte Farbe zugetragen wird, und durch nachheriges Aussetzen in Glühhitze, wodurch sich in Verbindung mit der Inoxydationsschicht eine Emaille bildet, bewirkt wird, ist nicht allein höchst effektvoll, sondern auch, abgesehen von den Kosten des Lizenzerwerbes, nicht teuerer als die sonst üblichen Lackierungen. Bei dem Verfahren tritt noch der Umstand lohnend hinzu, daß sich kleine durch die Inoxydation

aufgetane Poren der Gußgegenstande veremaillieren, zusetzen oder verringern.

Sodann hat man ferner noch ein während der Inoxydationsperiode anzuwendendes Verfahren ermittelt, bei dessen Vollzuge man in der Lage ist, einen inoxydierten Gegenstand gegen jede Einwirkung irgend einer Säure absolut zu sichern, was für gewisse Fälle sich als höchst beachtenswert erweisen dürfte.

Die Kosten des Inoxydationsverfahrens sind gering und übertreffen darin alle bekannten Verfahren der Verzinkung, Verzinnung, Emaillierung etc. In einem Ofen von kaum mehr als gewöhnlicher Flammofengröße können an leichten, sperrigen Gegenständen täglich 700—800 kg, von schweren entsprechend mehr, hergestellt werden. Im Mittel kostet die Tonne kleiner Gegenstände an Löhnen, Amortisation, Kohlenverbrauch etc. ca. 10—12 Mk. In Kohlenrevieren und bei billigen Arbeitslöhnen jedoch erheblich weniger. Es ist zu bedauern, daß die Einführung des Verfahrens und die Hebung der an Ort sich etwa entgegenstellenden Hindernisse, zur Erfüllung der früher erwähnten Bedingungen, welche an den zu inoxydierenden Gegenstand gestellt werden, durch die hohe Lizenzgebühr, die so äußerst wertvolle Erfindung außerordentlich beeinträchtigen und infolge dieser Lasten, zu welchen die Inoxydationskosten selbst noch hinzutreten, wie auch der Gewinn unter Berücksichtigung von Ausschuß, sich die Waren so verteuern, daß eine kalkulatorische Rechnung eine Belastung ergibt, welche den Vertrieb der Erzeugnisse sehr behindert.

II. Bertrand-Verfahren.

Das Inoxydations-Verfahren von H. Bertrand in Paris beruht auf demselben Prinzipe, wie dasjenige von Bower-Barff in bezug auf die Bildung des rostschützenden Magneteisens (Eisenoxyduloxyd) als Überzug auf Guß-, Eisen- oder Stahl — Gegenstände. Die Vorteile sind praktischer Natur; die dazu erforderlichen Öfen sind ganz einfach und

daher deren Anlagekosten nur geringe gegenüber den hohen Kosten der Bower-Barff-Öfen. Auch ist der Vorgang einfacher und bedarf nicht der geschulten Arbeiter.

Nach dem Bertrand-Verfahren erhalten die Gegenstände vorab einen Metallüberzug von 0,1—0,2 mm Stärke in einer Legierung — Bronze. Man taucht zu diesem Zwecke die vorher gereinigten Eisenteile in ein Bad aus einer Lösung von Kupfer- und Zinnsalz. Hat sich daraus eine Umhüllungsschicht gebildet, so erfolgt deren Trocknung in Holz- oder Sägespähnen. Hiernach werden die Gegenstände in einen Ofen gebracht und einer Temperatur von 1000° C ausgesetzt. Der Sauerstoff der Luft verflüchtigt den Überzug und erzeugt darunter das magnetische Oxyd-Magneteisen. Im Ofen bleiben die Gegenstände 10 bis 20 Minuten. Da das magnetische Eisen die Elektrizität sehr schlecht leidet, so wird mit einem darauf beruhenden Verfahren die Schicht auf ihre Bildung und Stärke geprüft.

Der Metallschutz behindert den freien Zutritt des Sauerstoffes auf das Eisen und es entsteht nach der Verflüchtigung statt ein Oxyd Fe_2O_3, ein magnetisches Oxyd Fe_3O_4 von blauer Farbe.

Gleichwie beim Bower-Barff-Verfahren kann auf die Inoxydationsschicht eine weitere in Emaille in den verschiedenen Farben aufgebracht werden. Das Verfahren dauert etwa eine Stunde. Bertrand hat auch ein Verfahren ermittelt, um Zinn auf Gußeisen niederzuschlagen, also Gußgegenstände zu verzinnen, was billig und zweckmäßig ist und insbesondere gußeiserne Kochgeschirre vor der Oxydation schützt und von jedem Beigeschmack freihält.

Das Verfahren wird als Spezialität von der Firma D. Dietrich & Cie. in Niederbronn im Elsaß ausgeübt, welche die Lizenz-Inhaber für Deutschland sind.

III. Sonstige Rostschutzmittel.

Gußeisen widersteht infolge seiner kräftigen Oxydhaut länger den Einflüssen der Rostbildung als Schmiedeisen.

am Boden abzulassen ist; die Schlacke, der flüssige Korund, folgt dem ausgeflossenen Eisen. Es ist stets darauf zu achten, daß das Thermiteisen seitlich durch einen Gießtrichter auf die zu verschweißende Stelle eintritt, so daß der Strahl der nachfolgenden Schlacke nicht direkt auf die Schweißfläche, die durch das Thermiteisen bespült werden soll, auftrifft; nur dadurch werden unliebsame Schlackeneinschlüsse vermieden. Dagegen ist die seitlich überfließende heiße Schlacke sehr vorteilhaft, da diese das Thermiteisen und bezw. die Schweißstelle längere Zeit heiß hält. — Eine Erwärmung auf gute Handwärme ist ratsam, mehr ist nicht notwendig und nur für größere Stücke vorteilhaft. Die Schweißflächen müssen rein sein und frei von Feuchtigkeit. Die Thermitmasse wird einfach um die zu verschweißenden und eng verbundenen Gegenstände rundherum gegossen, indem man eine leichte Blechform um die Schweißstelle legt, welche mit Lehm- oder Sandmasse ausgeschmiert und gut getrocknet sein muß und den nötigen Spielraum für das umfließende Thermiteisen besitzt. Es können mit dem Verfahren auch Thermitmassen, also bestes reines Flußeisen, auf Platten aufgeschweißt, Eisen- oder Stahlstücke miteinander verbunden, Rohre geschweißt[1]) und fehlerhafte

[1]) Das Schweißen schmiedeiserner Rohre geschieht auf folgende einfache Weise: Die beiden zu verschweißenden Rohrenden, die vorher glatt gegeneinander gepaßt und metallisch rein gemacht sind, werden mittelst eines Klemmapparates gegeneinander gepreßt. Um die Stoßstelle wird eine Blechform gelegt, welche von außen mit Sand umgeben wird, um ein Ausfließen der Schweißmasse zu verhüten. Es wird dann ein Quantum Thermit, welches je nach der Dimension der zu verschweißenden Rohre zu bemessen ist, in einen sogenannten „Spezialtiegel" zur Reaktion gebracht und sofort nach Beendigung derselben in die Blechform gekippt. Der Korund fließt dann zuerst aus, setzt sich als dünne Schicht um die Rohrenden und Wandungen der Blechform und verhütet so ein Durchschmelzen durch das nachströmende Thermiteisen und Anschweißen desselben an die Rohre oder die Blechform. Nach einiger Zeit werden die Rohrenden schweißwarm und man erzielt durch Anziehen der Längsschrauben des Klemmapparates eine vollkommene Schweißung, welche nicht nur billiger, sondern auch dichter und zuverlässiger ist, als jede Flanschen- oder Muffenverbindung. Über die anzuwendenden Mengen

Gußstücke ausgebessert, wie auch Formgußstücke damit hergestellt, gegossen werden. — Gießt man Thermiteisen auf eine Blechplatte von 25 mm Dicke, so kann man mit 3 kg Thermit in dieser ein scharfkantiges Loch durchschmelzen, wobei sich die Platte kaum erwärmt.

Man kann das Aluminium als einen Wärmespeicher betrachten, dessen Wärme für gewisse Zwecke nur gebrauchsfähig zu machen ist. Insbesondere kann diese große und fast plötzlich sich entwickelnde Wärme auch zu metallurgischen Zwecken mit großem Vorteile angewendet werden. Man kann Chrom und außer Eisen auch kohlenstofffreie Metalle, wie Reinmangan, kohlenfreies Ferrotitan, Ferrobor, Nickel, Kobalt usw., aus einem Gemische von Oxyden dieser Metalle mit Aluminiumpulver, damit rein darstellen. — Nach dem Anzünden einer solchen Masse tritt sofort die Reaktion ein, die in allen Fällen sehr schnell verläuft.

Das rein geschmolzene Thermiteisen kann man durch Zutaten von feineren Eisenteilchen, Blechstückchen und Spänen aus Stahl, Eisen oder Gußeisen in seiner Zusammensetzung ändern und dadurch einem Schweißstücke anpassender machen. Bei Schmelzungen von weniger als 4 kg Thermit dürfen die Zutaten nur gering sein, bei 4—10 kg dagegen schon etwa 5 % und bei größeren Schmelzungen können sie 10—12 % betragen. Man kann auch Silicium und Mangan der Schmelzmasse zufügen, am besten in Form von 10—14 %igem Ferrosilicium, 0,3—0,5 % des Thermits oder Ferromangansilicid (20 % Mn und 10 % Si) oder Reinmangan. Ein Zusatz von 10—25 % Roheisen zum Thermit gibt einen harten, schmiedbaren Stahl und fügt man dem Thermiteisen größere Mengen Gußeisen in geschmolzenem Zustande zu, so erzielt man eine Art Werkzeugstahl. Die Zutaten dürfen dem Thermit nicht untermischt werden, sondern sind für sich in die Form oder auf den Boden des Tiegels zu legen.

Thermit bei den verschiedenen Rohrdimensionen ist von der Firma „Allgemeine Thermit Gesellschaft", Essen a. R. eine Tabelle ausgearbeitet, die auf Wunsch jedermann zur Verfügung steht.

Ein Titanzusatz von 0,1—0,2 % soll die Dichte des Materials sehr erhöhen. Durch Zuführung von Kohlenstoff mittelst Gußeisenspänen wird ein größerer Härtegrad des Thermiteisens erzielt.

Das Schweißen von Stäben wird hauptsächlich in der Art vorgenommen, daß in einer Blechform, welche mit Masse ausgekleidet ist, das Thermiteisen rund um die Schweißfugen, welche fest aneinander zu pressen sind, umgegossen wird, nur bei massiven Stücken werden die Schweißfugen in Abständen von 10—15 mm gelegt und man hat Stäbe von 140 mm im Quadrat tadellos verschweißt und bei Schiffsreparaturen, besonders bei Stevenbrüchen, noch weit größere Dimensionen mit Leichtigkeit überwunden. Auch ausgebrochene Zähne aus kostspieligen Zahnrädern können auf diese Weise an Ort und Stelle wieder neu angegossen und bearbeitet werden. Eine Anwärmung ist, insbesondere bei größeren Stücken, eine gebotene. — Ist dieselbe nicht ratsam, wenn durch eine langandauernde Wärmezeit das Schweißstück durch Entstehungen von Spannungen geschädigt werden kann oder aus sonstigen Gründen unzulässig oder unausführbar, so erwärmt man die Schweißstelle mittelst des Thermit selbst, das Schweißstück bleibt dann außerhalb der Schweißstelle kalt, erwärmt sich nur an Ort und Stelle und der Vorgang dauert etwa so viel Minuten als sonst Stunden! Es wird hierzu meist eine besondere Thermitmasse verwendet, welche 25—40 mm dick um die Schweißstelle oder auf dieselbe gegossen wird und weniger die Fähigkeit besitzt, anzuschweißen. In diesem Falle ist aber das in einem sogen. Spezialtiegel abgebrannte Thermit über den Rand auszugießen, wie bei der Rohrschweißung (Anmerkung vorher), so daß die Schlacke, der Korund, zuerst ausfließt, der das Werkstück in einer dünnen, etwa 2 mm dicken Schicht vor der Einwirkung des nachfließenden Thermiteisens schützt. — Man kann das spezifische Gewicht von geschmolzenem Thermit nur 3,6 annehmen, weil die Schlacke Hohlräume besitzt, und damit

läßt sich das Gewicht des zur Erwärmung nötigen Wärmethermits für einen gegebenen Fall leicht berechnen.

Besonders vorteilhaft wirkt das Thermit zur Verhinderung von Lunkerstellen bei schweren und teueren Gußstücken, insbesondere bei Stahlguß, bei welchem die Eingüsse künstlich erwärmt bleiben müssen, da der Stahl sehr lunkert und rasch erkaltet. Um die Steigetrichter von Stahlformgußstücken möglichst lange flüssig zu erhalten und so dem Stahl Gelegenheit zu geben, eine längere Zeit nach zu lunkern, werden in die Steigetrichter besonders zu dem Zwecke konstruierte, mit einem Loch versehene Büchsen mit einem „Spezial-Lunkthermit" eingebaut. Kommt nun der flüssige Stahl, der auf seinem oft weitem Wege durch die Form viel von seiner ursprünglichen Wärme eingebüßt hat, in den Steigetrichter, so löst er die leichte Blechbüchse auf und bringt das Thermit zur Reaktion. Dieses teilt nun seine Temperatur dem Stahl in dem Trichter mit und bewirkt eine allseitige Erwärmung des Materials. Der Stahl kann daher leichter in die Form zurückfließen und durch die Schrumpfung sich bildende Hohlstellen ausfüllen. Die sonst im Stahlguß vorhandenen Lunkerstellen werden dadurch auf ein Minimum gebracht und bei richtiger Anwendung ganz vermieden. In ähnlicher Weise werden die Lunker bei großen Stahlblöcken dadurch erheblich verkleinert, daß man nach beendeter Einsaugung sofort in den Saugtrichter eine etwa 5 kg Thermit enthaltene Büchse, die an einem Eisenstabe gut befestigt ist, einsenkt. Dadurch wird der Trichter aufgeweicht und flüssig, und sofort nachgegossener Stahl füllt die Lunker wieder aus. Genau dasselbe Verfahren kann auch beim Gießen schwerer Gußstücke angewandt werden, so daß die sich sonst unterhalb der Eingüsse — den verlorenen Köpfen — bildenden porösen Erscheinungen und Hohlstellen nicht bilden können und Fehlgüsse dieserhalb ausgeschlossen bleiben.

Will man mittelst abgebranntem Thermit — dem Thermiteisen — Gußeisen an- oder aufschweißen, wie beispielsweise den auf Seite 235 dargestellten Walzenzapfen,

so kann man das Thermiteisen zur raschen Aufweichung der Schweißfläche benutzen, ist dieselbe erfolgt, was durch eine Prüfung, wie daselbst angegeben ist, geschehen muß, so gießt man einfach das in einer Abstichpfanne bereit gehaltene flüssige Gußeisen darauf und der neue Zapfen ist gebildet. Alle Vornahmen zum Gusse, welche daselbst für das direkte Aufschweißen mit Gußeisen angeführt sind, bleiben auch für den Thermitguß dieselben. Sind die Kasten C und E, welche nunmehr aus einem einzelnen Kasten bestehen können, welcher keine Abflußöffnung besitzt, aufgesetzt, so genügt eine 10—20 mm hohe Thermiteisenschicht, welche vorher von der Korundschlacke im Tiegel gereinigt war, als Aufguß über die Schweißfläche, um dieselbe flüssig zu machen. Man kann diesen Aufguß aus einem Tiegel bewirken oder aber — was besser und einfacher ist — auch das Thermit direkt auf die Schweißfläche legen und entzünden. Die Abdeckung der Schweißfläche, welche gut von Oxyd gereinigt und roh überarbeitet und nur sehr mäßig angewärmt zu sein braucht, ist zweckmäßig. Man rechnet auf 1 qdcm Oberfläche, auf die eingeschweißt werden soll, $1^1/_2$ kg Thermit, welches auf einmal aufgegeben und entzündet wird. — Die Erwärmung des Zapfenstumpfes auf Rotwärme ist beim Thermitverfahren nicht nötig, ein heißes Erwärmen genügt, und ist überhaupt für alle Schweißgegenstände ein Erwärmen bis oder über Rotglut eher schädlich. Hat eine Gußfläche große Vertiefungen oder Hohlstellen, so kann man, um Thermiteisen zu sparen, diese vorher mit Gußeisen ausgießen und darüber die Thermitmasse lagern und entzünden. Ist dieselbe entzündet, was mit einem Entzündungsgemische und einem Sturmstreichholze geschieht, so wird die Form mit einem Holzdeckel überdeckt; das Holz brennt während der Reaktion nicht an, nach Beendigung derselben, welche etwa 30 Sekunden währt, entfernt man den Deckel und gießt das bereit gehaltene flüssige Gußeisen zur Bildung des Zapfens ein. Vorher muß man jedoch, wie Seite 236 angegeben ist, mittelst eines Eisenstabes prüfen, ob der

Walzenstumpf in Flüssigkeit geraten, also das Höhenmerkmal tiefer gesunken ist; im anderen Falle muß etwas Thermit erst noch nachgeschüttet werden. Der entzündete Thermit bedarf einige Minuten zur Aufweichung einer Fläche und bewirkt das oben bezeichnete Quantum schon eine Aufweichung von 4—5 cm. Selbstverständlich kann man auch eine solche Reparatur derartig vollziehen, daß wo Gußeisen nicht zur Verwendung steht, man einfach nur das Thermiteisen, oder darauf flüssigen Stahl aus Martinöfen oder Tiegeln auf die Gußfläche aufschweißt. Die Thermitmasse ist in einem über der Form hängenden Tiegel zur Reaktion zu bringen und wird das so erzielte Flußeisen dann direkt in die Form abgelassen mittelst Öffnung eines vorher im Boden des Tiegels angebrachten Stopfens in automatischer Weise, oder nach der Abkrampung des Korundes eingeschüttet.

Will man das Thermiteisen zur Herstellung von Stahlformguß-Gegenständen benutzen, so kann dasselbe mit 15 % und bei großen Güssen mit noch mehr kleinen schmiedeisernen Abfällen angereichert werden, so daß 1 kg Thermit etwa $^3/_4$ kg gießbares Flußeisen ergeben.

Wenn man nur eine einmalige kleinere Operation mit Thermit vorzunehmen hat, genügt zur Not jeder Schmelztiegel zur Reaktion desselben, jedoch muß man zum Schutze gegen dessen Bersten eine Blechhülle darum legen, so daß ein kleiner Zwischenraum verbleibt, welcher als Zwischenwand mit Sand oder Lehm auszustampfen ist. Die Aufnahme von Silicium aus einem solchen Schmelztiegel an Stelle eines Magnesia-Tiegels ist aber in diesem Falle nicht zu vermeiden und kann dieselbe erheblich über 1 % betragen, was besonders für Gußeisenreparaturen sogar zweckdienlich ist. Dagegen wird aus solchen Tiegeln meist soviel von der Wandung aufgelöst, daß die Temperatur der ganzen Schmelze sehr sinkt und die Aufschweißungen infolgedessen nicht so sicher von statten gehen. Eine Sicherheit bietet demnach nur ein mit Magnesia ausgekleideter Tiegel. — Für Gußeisenreparaturen ist, wie erwähnt, ein Siliciumzusatz zum Thermiteisen insofern gut, als dieses das Thermit-

eisen dem Gußeisen ähnlicher macht und man dadurch harte Übergangstellen leichter vermeidet. Der Zusatz wird in Form von 14 %igem Ferrosilicium dem Thermiteisenbade nach der Reaktion im Tiegel in erbsengroßen Stückchen zugesetzt. Man nimmt von diesem Ferrosilicium 3,5 % auf die Thermitmenge bezogen[1]). — Was die kalkulatorischen Kosten des Verfahrens betrifft, so sind dieselben so gering, daß sie bei den meisten Gegenständen, wie bei Reparaturen, dem raschen Zähneersatz kostspieliger Räder ohne Demontierung derselben, dem Schweißen von Straßenbahnschienen statt der Verwendung von Laschen und Bolzen und deren Unterhaltung gar nicht in Betracht kommen, gegenüber der Vorteile; sogar was das Anschweißen des beschriebenen Walzenzapfens betrifft, so stehen den geringfügigen Kosten dieses Gegenstandes von 1,25 Pfg. pro qcm Fläche nach dem alten Schweißverfahren, die Kosten für 0,015 kg Thermit pro qcm, ein wenig Entzündungsgemisch und ein Sturmstreichholz im Gesamtbetrage von etwa 2,25 Pfg. gegenüber. Da aber im letzteren Falle die Erwärmung des Zapfenstumpfes auf Rotglut nicht erforderlich ist, auch die Bearbeitung des Stumpfes von Oxydschichten eine nicht so vollkommene zu sein braucht, so wird die Differenz vollkommen ausgeglichen.

III. Das elektrische Schweiß-Verfahren.

Das alte elektrische Schweißverfahren, das Oberflächenverfahren, wird von Strömen niederer Spannung bei hoher Stärke derselben ausgeführt. Die Enden der Schweißstücke werden mit einem elektrischen Leiter umgeben und wird dann ein Arbeitsstück mit dem Pol der Dynamomaschine verbunden, wodurch die Erhitzung der fest aneinander gepreßten und zu verbindenden Flächen und deren

---

[1]) Wer sich weiter über das Thermitverfahren zu belehren wünscht, wende sich an Th. Goldschmidt, Abteilung Thermit, Chemische Fabrik in Essen a. d. R., deren Veröffentlichungen das vorliegende entnommen ist.

Schweißung eintritt. Die Erhitzung ergreift nur die Berührungsflächen an und ist ganz auf die Oberfläche derselben angewiesen, weshalb man diese Beschränkung auch ein „Oberflächenverfahren" genannt hat. Kanten und Ecken werden vom Strome rascher und früher angegriffen und abgeschmolzen als die Flächen, ohne Ersatz erhalten zu können. Eine Aufweichung der Gußstücke und des Aufgusses eines neuen Stückes, wie es sich mit dem alten Schweißverfahren und bei der Anwendung von Thermit leicht und sicher bewerkstelligen läßt, ist hierbei ganz ausgeschlossen. Das Schweißen ist vielfach ein unsicheres und wird nur für kleinere Gegenstände von nicht erheblichen Flächen angewandt. In den Fällen, wo man das alte Verfahren mit direktem Auf- und Zwischenguß nicht mit Vorteil und Sicherheit anwenden kann, gilt das von diesem elektrischen Verfahren noch mehr, denn bei ihm müssen die Schweißflächen fest verbunden sein, was sich häufig nicht bewerkstelligen läßt, ganz abgesehen von fehlenden kleineren oder größeren Stücken, was beim Zwischengußverfahren und bei der Anwendung von Thermit belanglos ist und daher einen großen Vorteil bildet. Weiterhin ist das elektrische Verfahren sehr kostspielig, wie sich aus folgender Tabelle und den Versuchen Kennedys ergibt, wobei die Spannung der Dynamo ein Volt betrug:

Schweiß-Gegenstände:	Schweißdauer in Sekunden	Kraftverbrauch pro □ Zoll = 6,25 qmm	
		Im Schweißapparat	Indizierte Pferdestärken an der Dampfmaschine
Schmied- und Stahlstangen, 12—38 mm Diam.	40	20,8	30
Schmiedeis. Stangen, 38 mm Diam.	97	12,0	17
Kupferstangen, 25 mm Diam.	25,4	57,4	80

Die Festigkeit guter Schweißstellen erachtet man als eine um 10% verminderte. Man rechnet noch auf eine

Pferdekraft, welche dem elektrischen Strome innewohnt, $^3/_4$ Pferdestärke als nutzbar in Wärme umgesetzt. Theoretisch sind 735 Watt = 1 Pferdestärke. Infolge von Verlusten in der Maschine rechnet man nur 600 Watt.

Wollte man die Kosten berechnen, welche die elektrische Schweißung eines früher als Beispiel angeführten Walzenzapfens bei nur 200 Diam. = 314 qmm Fläche verursachen müßte — abgesehen von der Unzuverlässigkeit und Unmöglichkeit einer derartigen Schweißung — welche Maschinenkräfte und Apparate in Bewegung zu setzen wären, da auf 6—7 qcm Schweißfläche schon 17 bis 30 Pferdestärken an der Dampfmaschine wirken müssen, so kann von einem Vergleiche mit den anderen Verfahren ganz abgesehen werden. Dagegen ist dieses Verfahren bei kleineren Gußstücken, wie auch für Ketten, Stangen, Rohre etc. vorteilhaft, besonders da, wo die Kräfte, mithin eine elektrische Anlage vorhanden ist und ohne weiteres in Benutzung genommen werden kann.

Man kann wohl annehmen, daß von den drei besprochenen Schweißverfahren jedes für sich ein ganz besonderes Gebiet hat, wofür sich seine Anwendung auch besonders eignet und Vorteile bietet. — Einen Nachteil hat das alte elektrische Schweißen insofern den anderen gegenüber, als infolge seiner nur auf die Schweißoberflächen beschränkten Erhitzung, die Gegenstände nach ihrer Vereinigung größere Spannungen durch Schrumpfung beim Erkalten erhalten, welche Nebenrisse im Gefolge haben, da daselbst kein Ausgleich durch Miterwärmung weiter liegender Teile eintritt.

Das neue elektrische Schweißverfahren, wie es in Deutschland ausgebildet und angewandt wird, ist von großem Vorteile, denn es kann allenthalben da angewendet werden, wo die anderen Verfahren infolge von Form oder Konstruktion der zu schweißenden Stücke versagen oder sich nicht gut anwenden lassen. Aus diesen Gründen lassen sich auch die Kosten des Verfahrens mit denen der anderen nicht vergleichen.

Dieses Verfahren wird gleich wie das alte mittelst Strömen von niederer Spannung und großer Stärke ausgeführt. Dasselbe ist ein Schmelz- und Gießverfahren von Metallen beliebiger Art mittelst elektrischen Lichtbogens. Hierbei muß sich das zu verwendende Metall in Stäben herrichten lassen, um in dieser Gestalt die eine Elektrode bilden zu können. Der Vorgang ist dann folgender: Der eine Pol der elektrischen Maschine wird mit dem zu schweißenden Stücke verbunden, während der andere Pol zu der Zange geführt ist, die den zu schmelzenden Stab fest eingeklemmt hält. Der Strom fließt nun durch die Zange in den zu schmelzenden Metallstab und von hier aus weiter durch den elektrischen Lichtbogen in das zu schweißende Stück über. Hierbei sei erwähnt, daß es durchaus nicht gleichgültig ist, welcher Pol der Maschine mit dem Stücke und welcher mit dem zu schmelzenden Metallstabe verbunden ist. So z. B. ist bei Gußeisen der positive Pol der Maschine mit dem Stabe zu verbinden, kurz gesagt, der positive Pol wird mit derjenigen Elektrode in Verbindung gebracht, bei welcher die größte Wärmeentwickelung stattfinden soll. Außerdem unterscheiden sich noch der positive und negative Pol durch ihre bezw. chemische Einwirkung auf das geschmolzene Metall. Wird beispielsweise beim Gießen von Roheisen der geschmolzene Stab mit dem negativen Pol verbunden, so erhält man einen harten unbrauchbaren Guß. Dieses vorgeschriebene Verfahren ist das Patent des Bergingenieurs Slavianoff in Rußland und findet dieses Verfahren in dem Fabriketablissement von Julius Pintsch in Fürstenwalde a./Spree Anwendung bei Ausführung von schwierigen Reparaturen für viele Eisenbahn-Werkstätten-Inspektionen, als für das Schweißen von Schubstangen, Kulissen, Lokomotiv-Treibachsen, Dampfzylindern etc. Es sind dieses Reparaturen, die bei Nichtausführung eine vollständige Unbrauchbarkeit der Teile bedingten[1]).

[1]) Die Firma Pintsch gibt auch Lizenzen ab; die großen Werke wie Krupp, Gutehoffnungshütte und andere besitzen eigene elektrische Schweißereien.

Mittelst dieses Verfahrens ist man imstande, Metall gemäß folgender Aufstellung zu schweißen:

0,405 kg Stahl in einer Minute bei der Spannung von 65 Volt und einer Stromstärke von 300 Amp.

0,426 kg Schmiedeeisen in einer Minute, wie vor, bei 65 Volt und 300 Amp.

0,496 kg Gußeisen in einer Minute bei 70 Volt und 400 Amp.

0,817 kg Rotguß in einer Minute bei 65 Volt und 300 Amp.

Diese Schmelz-Resultate lassen sich noch günstiger gestalten, falls es die örtlichen Verhältnisse gestatten, bei dem Schweißen selbst flüssiges Metall entsprechend zuzugießen.

Von Wichtigkeit ist noch zu bemerken, daß die zu reparierenden Stücke ihrer Form und auftretenden Materialspannungen entsprechend, sorgfältig und vorsichtig angewärmt und einem langsamen Abkühlen ausgesetzt werden.

IV. Das Löten des Gußeisens.

Das Löten von Gußeisen oder Guß an Eisen, Eisen an Stahl sowie an Kupfer kann dadurch bewirkt werden, daß auf einem Metallgewebe ein Gemisch von 50 Teilen Borax, 30 Teilen Eisenfeilspänen, 10 Teilen Amoniaksalz und 10 Teilen Kopaivabalsam aufgetragen werden, welches zwischen die zur Weißglut erhitzten Schweißflächen eingeschoben wird. Die Flächen sind vorher gut zu reinigen und blank zu machen.

Zum Löten von Gußeisen auf Schmiedeeisen kann man auch Feilspäne aus grauem Gußeisen mit kalziniertem Borax in einem Tiegel ausglühen; es wird dadurch eine glasartige Masse erschmolzen, welche nach ihrer Erkaltung zu pulvern ist. Die zu verbindenden Teile werden in Rotglut erhitzt, sodann das Pulver dazwischen gestreut und mechanisch durch Stoß oder Hämmern in Verbindung gebracht.

Man kann das Löten von Gußeisen insbesondere mittelst Kupfer, wie es von alten Handwerksmeistern früher meisterhaft verstanden wurde, mehr als eine Kunst auffassen, welche keinerlei Verbreitung gefunden hat.

IV. Die Gußeisen-Veredelung

nach dem Verfahren von Dr. H. Goldschmidt in Essen a./R.

Wir verstehen unter „Gußeisenveredelung" diejenigen Beimischungen zu einem Eisenbade, welche in demselben weder Härte noch Spröde erzeugen und die Festigkeit nicht vermindern; dagegen aber dem Gußstücke ganz besondere Eigenschaften verleihen, welche es zu gewissen Zwecken tauglicher machen. Die Vorgänge dabei sind chemischer, zum Teil auch mechanischer Natur.

I. Der Zusatz von Thermiteisen zum Eisenbade.

Wie unter „Schweißverfahren" bereits erwähnt ist, wird das Thermiteisen — reines, weiches Flußeisen von im Mittel 39 kg Zugfestigkeit bei 19 % Dehnung — in der Weise hergestellt, daß in einem Magnesiatiegel ein Gemisch, wesentlich aus Aluminium mit einem Eisenoxyde (Eisensauerstoffverbindung) durch Entzündung zu einer chemischen Reaktion gebracht wird, bei welcher eine Wärmeentwickelung bis ca. 3000° C eintritt, dadurch, daß der Sauerstoff sich mit dem Aluminium zu Schlacke, dem sogenannten Korund (Schmirgel), verbindet, wobei das Eisen als abgeschiedenes reines Eisen zurückbleibt von einer mittleren Zusammensetzung in Prozenten von:

Kohlenstoff	Mangan	Silicium	Phosphor	Schwefel	Kupfer	Aluminium
0,10	0,08	0,09	0,04	0,03	0,09	0,07

Man hat es daher in diesem Falle an der Hand, mitten im Gießverfahren einem Gußstücke durch Beimischung von Thermiteisen in der Pfanne und Verteilung der Mischung durch Umrühren eine Veredelung in bezug

Nach dem Einführen des Titanthermites in das Eisenbad tritt sofort eine Temperaturerhöhung in Erscheinung, das Eisenbad fängt an kräftig aufzuwallen und wird ganz dünnflüssig; die anfangs rötliche Farbe des geschmolzenen Gußeisens wird milchweiß und nach allmählicher Beruhigung tritt eine meergrüne Farbe auf von ungemeiner Schönheit. Nachdem diese wieder in die rötliche Farbe übergeht, ist die Reaktion beendet, und das Bad zum Gießen fertig, nachdem die Abkrampung der reichlich darauf schwimmenden, backenden Schlacke bewerkstelligt ist. Eine Temperaturerniedrigung findet im Laufe der Gießzeit nicht statt. Die Gußstücke zeichnen sich nach den Erfahrungen des Verfassers durch große Dichte, in bezug auf das Fehlen aller blasenartiger Hohlstellen aus. Zwölf Herdgußplatten, welcher Verfasser in einer Stärke von 30—40 mm mit und ohne Titanthermit hat herstellen lassen, hatten das Ergebniß, daß alle ohne Titan gegossenen nach geringer Behobelung ihrer oberen Herdflächen mehr oder weniger Blasenstellen zeigten, während die mit Titan gegossenen glatt und durchweg fehlerfrei blieben; eine Vermehrung von Härte und Spröde trat nicht ein. Seilscheiben von über 3 m Diam. und großer Schwere zeigten bei Anwendung von Titan sich absolut fehlerfrei in den abgedrehten Seilläufen. Eine Prüfung der Festigkeit ergab keine Veränderung, was auch in Betracht der geringfügigen Zusatzmenge nicht zu erwarten war.

Man kann nach Obigem von einer Veredelung des Gußeisens in dem Sinne sprechen, als alle Fehler an den Gußstücken, hervorgerufen durch Blasenbildungen und unreine Verbindungen und Bildungen, wie solche die gewöhnlich hergestellten Gußstücke mehr oder weniger zeigen, ausgeschlossen bleiben und demnach die natürliche und bedingte Festigkeit im Gußstücke allenthalben vorhanden ist, was ansonst häufig nicht der Fall ist. — Der Haupteffekt beruht wohl in der großen Neigung des Titans zum Stickstoff; es bindet denselben. Das große Aufwallen der Eisenbadmasse zeigt davon, daß die im Eisen gelösten Gase und Metalloxyde massenhaft aus demselben und gewaltsam

ausgetrieben werden und daher den porenfreien Guß im Gefolge haben; auch legiert sich das Titan gleichmäßig mit dem Eisenbade.

Die Verteuerung der Gußstücke bei Anwendung des Verfahrens ist belanglos und beträgt nur wenige Mark auf die Tonne Gußware. Eine Büchse Titanthermit fertig zum Anklammern an eine Eisenstange reicht für 500 bis 1000 kg geschmolzenes Gußeisen aus und kostet zur zeit 3 Mk.

III. Der Zusatz von Nickel zum Eisenbade.

Ganz so wie es sich mit dem Titan verhält, verändert auch ein Zusatz von Nickel in Verbindung mit Thermit nach dem Goldschmidtschen Verfahren ein Eisenbad. Das Verfahren der Einführung des Titan-Thermits in ein Eisenbad ist hierbei das gleiche, wie daselbst angegeben ist. Dagegen muß das Nickel erst vorher geschmolzen sein und dem Eisenbade durch Zugießen beigemischt werden. In das dann in der Gießpfanne befindliche Eisenbad wird in der vorher beschriebenen Weise eine Stange mit der daran befestigten Büchse von Titanthermit eingeführt und zur Reaktion kommen lassen, nachdem vorher der Zusatz von Nickel in das Eisenbad bereits erfolgt war. Die Wirkung ist nun derartig, daß das im Roheisen zurückbleibende Nickel sich mit demselben legiert und den Guß gegen die Einwirkungen von Alkalien widerstandsfähig macht und ist daher auch dieses Verfahren von einem nicht zu unterschätzenden Werte. Viele Probeversuche haben ergeben, daß die Fähigkeit der Alkalien zur Zerstörung von Gußeisen um 66 % vermindert wird.

Zweckmäßig und am bequemsten ist es das Nickel aus Nickelthermit zu gewinnen. Es bedarf davon eines Quantums von 1 % des Eisenbades. Der heutige Preis ist ca. 4 Mk. pro kg. Das Abbrennen des Nickelthermits kann in einer gewöhnlichen Scherpfanne, am zweckmäßigsten direkt über dem Eisenbade, vorgenommen werden. Eine kleine Aufnahme von Silicium, die in diesem Falle erfolgt, ist

hier belanglos. Nach vollendeter Reaktion wird der Inhalt der Scherpfanne mitsamt der Schlacke in das Eisenbad ausgekippt. — Es erfordert eine Pfanne von 1000 kg geschmolzenem Eisen:

1 % Nickelthermit = 10 kg. à 4 Mk.	40 Mk.	43 Mk.
Eine Titanthermitbüchse	3 „	

Rechnet man noch für Fracht, Entzündungsgemisch etc. 1 Mk. hinzu, so erhält man einen Preisaufschlag von von 44 Mk. auf die Tonne Gußeisen, was gegenüber des Vorteiles einer 66 %igen vermehrten Haltbarkeit nicht in Betracht kommt.

Allgemein rechnete man bisher auf 1000 kg flüssiges Eisen nur 5 kg metallisches Nickel, wovon etwa die Hälfte in das Eisen übergeht und sich damit legiert, so daß der fertige Guß 0,2—0,3 % Nickel enthält. — Neuerdings wird aber das Nickelthermit so hergestellt, daß ein Kilo Thermit 600 Gramm metallisches Nickel gibt, das zu über 90 % in das Gußeisenbad eingeht.

Alle Wirkungen von Zusätzen zu einem Eisenbade, wie Titan, Wolfram, Mangam etc. waren früher bereits bekannt, aber es mangelte an einem Verfahren der reinen Darstellung dieser Stoffe sowohl, als auch besonders der Art und Weise der Einführung in ein Eisenbad. Erst nach dem Verfahren von Dr. Goldschmidt sind diese Aufgaben als gelöste zu betrachten und wird dasselbe, aller Wahrscheinlichkeit nach, noch große Umwälzungen in der Eisengießerei wie insbesondere der Stahlguß-Gießerei im Gefolge haben.

III. Abteilung.

I. Der Form-Maschinenbetrieb.

Da wo Gegenstände in großer Zahl und laufend zum Abformen gelangen, lohnt es sich die Formtätigkeit des Arbeiters zu verringern, um bei billiger Herstellung der Formen dieselben in kürzerer Zeit und in größerer Anzahl herstellen zu können. Man erreicht dieses, indem man entweder die Haupttätigkeit des Formers, das Einstampfen, auf mechanische Weise bewirkt, was auf die mannigfaltigste Art erfolgen kann: dadurch, daß man Stampfer mittelst Hebedaumen hebt und fallen läßt, bis zur Benutzung der direkten Wirkung von Maschinen, wie z. B. von Gesteinsbohrmaschinen, deren rasche Bewegung und Schlagkraft man zum Ausstampfen der Konverterböden der Stahlschmelzen benutzt hat. Sodann vermindert man die Formtätigkeit, indem man statt der hölzernen Modelle sauber gearbeitete metallene zur Formgebung verwendet, welche nach dem Ausheben aus der Formmasse die Nachhilfe der Form überflüssig machen; ferner auch insbesondere dadurch, daß man die Formkasten selbst der Modellform zweckmäßig anpaßt, so daß das geringste Quantum an Stampfmasse benötigt wird. Jeden Apparat, mit welchem das Einstampfen eines Formkastens oder das Modellausheben aus der Form bewirkt wird, nennt man eine Formmaschine. Es ist klar, daß zu diesen Zwecken und in bezug auf die verschiedenartig vorkommenden Formgegenstände, auch eine ebenso große Anzahl von Einrichtungen sich treffen lassen, welche einem bestimmten, vorliegenden Zwecke dienlich sein können, und daß nicht jede Form-Maschine gleich gut

für beliebige Formstücke sein kann, besonders aber nicht im kalkulatorischen Sinne.

Das Wesentliche an den sogenannten eigentlichen Formmaschinen, wenn man von denen, welche nur einem ganz bestimmten Zwecke oder Tätigkeit genügen sollen, absieht, wie beispielsweise die Räderformmaschinen, besteht in der maschinellen Aushebung des auf einer Formplatte gelagerten Modelles aus dem Formkasten und durch den Formtisch hindurch, sowie dessen Wiedereinsetzen. Erfolgt bei zweckmäßigen Formkasten-Größenverhältnissen das Einstampfen allmählich mittelst Daumenhub oder durch die Hand des Formers selbst, so können alle Gegenstände mittelst einer Formmaschine hergestellt werden; erfolgt dasselbe maschinell durch Druck, durch Pressung unter Benutzung von in den Formkasten eingreifenden Platten, so lassen sich nur ganz bestimmte, in ihrer Form beschränkte Gegenstände damit herstellen.

Der Druck, die Pressung, welche durch eine Platte auf den mit Sand gefüllten Formkasten auf das darunter befindliche Modell geäußert wird, preßt diesen Sand von oben nach unten und erzeugt vertikal einen bestimmten Druck; da der Sand aber nur plastisch und keine Flüssigkeit ist, so entsteht nur ein geringer Seitendruck. Ein Formgegenstand mit vertikalen Seitenflächen befindet sich daher nach vollzogener Pressung, Einformung, in verschiedener Sanddichte eingehüllt, welche horizontal, über dem eingeformten Modellstücke, zu groß und an den Vertikalwänden zu gering sein könnte, so daß also daselbst ein Treiben, Auspressen der Form beim Gusse entstehen kann. Aus diesem Grunde eignen sich vornehmlich nur flächenartige Gegenstände zur Herstellung mittelst solcher Maschinen, welche den Formsand durch Druck oder Pressung um den Formgegenstand dichten. Diesem Übelstande begegnet man bei sonst geeigneten Formstücken dadurch in etwa, daß man die Druckplatten nach der Form der Gegenstände so gestaltet, daß ein gewisser Ausgleich der sonst verschiedenartigen Sandpressung wenigstens in der Vertikal-

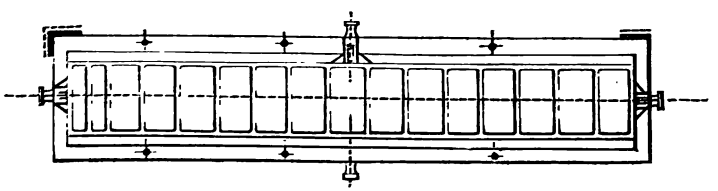
richtung sich vollzieht. Die übrige Einrichtung der Formmaschinen: zur Einsetzung und Aushebung des Modelles, zur Erzeugung des Druckes wie dessen Begrenzung, zum Herbei- und Fortbewegen der Formkasten, zum Füllen derselben mit der Sandmasse und dergleichen, lassen sich auf denkbar verschiedenartigste Weisen bewerkstelligen und hat man für gegebene Formstücke seine maschinelle Einrichtung so zu wählen, wie es für die Herstellung derselben auf die billigste Weise zu erreichen ist. Bei den gewöhnlichen Formmaschinen mit Flächendruck wird immer diejenige am zweckmäßigsten sein, deren Mechanismen einfach und so gewählt sind, daß auch der Vermeidung deren Zerstörung durch den Sandstaub tunlichst Rechnung getragen ist, und welche die geringste Bedienung oder die ausreichendste Ausnutzung der Bedienungsmannschaft ermöglicht.

Auf welche Weise man in dieser kalkulatorischen Beziehung, welche man für seine Formgegenstände immer speziell zu beachten hat, zu Werke gehen muß, sei hier an einem Beispiele erläutert.

Auf Tafel I ist eine Formmaschine für Rohre dargestellt, nebst Details auf Tafel II. Diese Maschine wird in bezug auf Billigkeit der Anlage, Schnelligkeit des Formens und dabei vollständigster Ausnutzung der Bedienungsmannschaft — bis zu einer gewissen Rohrweite — von keiner anderen Einrichtung übertroffen. Verfasser hat eine geraume Anzahl von Jahren mit einer solchen von ihm gebauten aber im wesentlichen nicht erfundenen Maschine gearbeitet und damit erreicht, daß fünf Arbeiter im Gesamtakkorde von 1 Pfg. pro mm Diameter des Muffen- oder Flanschrohres, bei einem durchschnittlichen Verdienste von 4 Mk. à Schicht, solche Rohre herstellen konnten und dabei alle Nebentätigkeiten des Formens, ohne besondere Hilfe und Vergütung, besorgen mußten, als: Zurechtelegen der Formkasten, Anmachen des Sandes, Aufbringen der Formkasten auf den Formtisch der Maschine, Abnehmen derselben, das Schwärzen, Aufbringen auf den Trocken-

wagen, Ein- und Ausbringen desselben in und aus dem Brennofen, das Abnehmen, Kerneinlegen und Zusammenschließen der einzelnen Kastenhälften, das Einsetzen in die Gießgrube, das Gießen und den Gießpfannentransport, das Ausziehen aus der Grube, das Lösen der Formkasten, Sandausschlagen aus denselben, das Aufbringen der gegossenen Rohre auf den Transportwagen und Hilfeleistung beim Fortbewegen aus der Gießhalle.

Die Maschine besteht aus einem aus Seiten- und Kopfstücken zusammengeschraubten Guß-Gestelle. Vier Traversen dienen zur Auflagerung einer drehbaren, glatten, mit Stellringen versehenen Welle. Auf der Welle sitzen drei festgekeilte Exzenter; die Exzenter tragen Rollen, welche in Querhäupter eingelagert sind; auf den Querhäuptern ruhen zwei Langträger, worauf die gußeisernen Modellhälften lagern, welche ihrerseits in die behobelte und auf den Gestellrahmen festgeschraubte Formplatte, Formtisch, eingearbeitet sind und sich leicht, mit geringem Spiel, darin auf und ab bewegen können. Dreht man mittelst des Hebels auf der Welle die Exzenter mit dem Hub nach oben, so rücken die Langträger mit den beiden Modellhälften nach oben; dreht man die Exzenter mit dem



Hub nach unten, so entfernen sich die Modelle aus dem Formtisch nach unten. Damit die richtige Höhenlage des Modelles begrenzt bleibt, befinden sich adjustierbare Anschlagschrauben in den Querhäuptern. Damit das Modell durch Schmutz oder Sandteilchen sich in dem ausgearbeiteten Formtische nicht festsetzt, und der Bewegung der Exzenter folgt, ist ein dünnes Flacheisenband um die Exzenter gelegt, welches mittelst Bolzen an den Querhäuptern befestigt

ist, was bewirkt, daß diese der Bewegung der Exzenter folgen müssen. — Die Formkasten, deren Bauart aus den Zeichnungen hervorgeht, sind auf ihren aufeinander liegenden Flächen behobelt, außerdem an einer Ecke und Kante, wie Skizze zeigt, auf mehrere cm Länge der Punktierung daselbst bearbeitet.

Auf dem Formtische befinden sich nun, rechts und links der Modellhälften, in genauen Abständen von deren Mittellinien, befestigte Anschlagknaggen, an welche die bearbeiteten (punktierten) Kanten der Kasten beim Formen: für die eine Hälfte links, für die andere rechts angelegt werden. Auf diese Weise ausgestampfte Formkastenhälften passen nach ihrem Zusammenlegen genau mit ihren Rohrmitten aufeinander und kann demzufolge nach dem Gusse nur eine geringfügige Naht an Gußstücke sich bemerkbar machen.

Nachdem der Formkasten auf dem Tische gegen die Knaggen gelagert ist, was mittelst des Hebekranes und einfachem Vorgelege sich bewerkstelligen läßt, wird derselbe mit Sand gefüllt und mittelst spitzenförmiger Stampfer der Sand an den Langseiten des Formkastens und in Mitte der beiden Modellhälften zur Verdichtung gebracht: sodann erfolgt ein neuer Aufwurf von Sand in den Kasten, welcher mit breitbasigen, kurzstieligen Stampfern nachgestampft wird, was zwischen jeder Querrippenteilung des Kastens mit 2—3 Stößen von Hand des Formers vollzogen ist. Die ganze Arbeit des Kastenausstampfens, bei welcher von den fünf Arbeitern zwei rechts und zwei links der Maschine tätig sind und der fünfte das Sandeinwerfen besorgt, vollzieht sich in 3—5 Minuten, und da mindestens zwei Rohrhälften in einem Kasten befindlich sind, demnach pro Rohr in dieser Zeit. Da nun jene fünf Arbeiter an Gesamt-Zeitaufwand, bei beispielsweise Rohren von 80 mm Diam. = 80 Pfg. pro Rohr Formerlohn, bei 4 Mk. à Schicht Verdienst, zusammen 24 Minuten pro Rohr bis zur Fertigstellung des Gusses an Zeit aufzubieten haben, so erhellt hieraus sofort, daß am Formen mit Hilfe der

Maschine und der dabei stattfindenden vollständigen Ausnützung der Bedienungsmannschaft, nichts mehr zu sparen oder zu verbessern ist, und daß das ganze Augenmerk auf die Tätigkeiten zu beschränken bleibt, welche mit dem Formen selbst nichts mehr gemein haben, also auf die Bewegung der Massen: auf den Transport, das Heben, Senken, Zusammenlegen etc. Diese Tätigkeiten hängen aber ganz besonders von der vollkommenen und praktischen Einrichtung des Hebezeuges, des Gießereikranes ab, und von der Bewegungsersparnis überhaupt. Da nun alle diese Arbeiten, welche ein Heben und Fortschaffen der Formkasten bedingen, mit Ausnahme des Kastenauflegens auf den Formtisch, sich auf Gewichte beziehen, gleich einer mit Sand gefüllten Formkastenhälfte oder des geschlossenen, gefüllten, ganzen Formkastens, und beispielsweise hier 1000 kg und 2000 kg betragen, so ist auch das Hebezeug danach zu bemessen.

Fünf Arbeiter stehen zur Disposition, davon hat einer den am Kran schwebenden Formkasten zu dirigieren; für die Ausnutzung der Arbeitskraft der übrigen vier ist das Hebezeug zu gestalten und zwar muß dasselbe ein doppeltes sein, damit durch Aus- und Einrücken von Räderpaaren der Lastveränderung, durch gleiche Leistung der vier Arbeiter, entsprochen werden kann. Da weiterhin einem jeden Heben ein Senken folgt, für letzteres aber die Arbeitskraft der Mannschaft nutzlos erscheint, so muß diesem Verluste gesteuert werden: das Hebezeug muß mit einer Bremse versehen sein, damit die Abwärtsbewegung, das Auf- und Niederlegen der Formkasten rasch und momentan bewirkt werden kann. Die Gießgrube darf die Höhe der ca. 4 m langen Formkasten nicht besitzen: die Hälfte ist genügend. Die Kasten benötigen dann ein geringes Absenken und desgleichen Aufheben. Den zum Abgießen der Kasten benötigten Höhestand der Arbeiter bewirkt man durch Blöcke mit aufgelegten Bohlen, was keine nennenswerte Zeit und Mühe erfordert, außerdem auch für den ganzen Grubeninhalt an Formkasten, bis zu

vollzogenem Abgusse, nur einmal hergerichtet wird. Da vier Arbeiter an einer großen Kranpfanne das Abgießen der Rohre besorgen, der fünfte das Reinkrampen des Eisens von der Schlacke, so muß der die Pfanne tragende Kran diese in ihrer Bewegungsrichtung unverändert erhalten, d. h. bei einem Drehkran ist die Gießgrube, der Bewegung des Kranes entsprechend, kreisförmig zu gestalten. Hat man auf solche Weise seine Anlage bemessen und der Ausnutzung aller benötigten Kräfte Rechnung getragen, so hat man den vollkommensten Grad für seine Zwecke erreicht. Einrichtungen, Formmaschinen, welche eine vollständige Ausnutzung der allenthalben benötigten Kräfte nicht gestatten, bleiben unvollkommen und verbesserungsbedürftig.

Um nun die angedeutete Formvollendung mit Hilfe unserer Maschine zu vervollständigen, sei noch erwähnt, daß das Schwärzen der Rohre nach vollzogener Einstampfung erfolgt; es dienen dazu zwei Flacheisen aus etwa 3 mm starkem Eisen mit Handgriffen, ein Stück für rechts, ein Stück für links. Die Flacheisen besitzen in ihren Kantenrissen die Figur des Modelles und werden auf die eingestampfte Sandmasse so gelegt, daß sie die Sandfigur des Rohres begrenzen, sodann erfolgt das Schwärzen der Form. Die solcher Art die Form abschließende Schwärzeeisen verhindern, daß die Kanten des Formsandes beim Schwärzen weggepinselt werden, so daß die Form scharfkantig erhalten bleibt.

Was die Kernspindeln betrifft, so sind dieselben von kräftiger Wandstärke und möglichster Weite zu wählen. Da die Rohre stehend und ohne Kernnägel, zur Erhaltung gleichmäßiger Abstände des Kernes, gegossen werden, so sind diese Erfordernisse notwendig, besonders da auch ohnehin das fortwährende Erglühen die Spindeln rasch verzehrt. Für Rohre mit 80 mm Weite ist das Aufdrehen der Spindeln mit dünnem Stroh oder besser Heuseilen nicht erforderlich, es genügt lose aufgesponnenes, weiches Stroh, was die Arbeiter leicht erlernen und was eine gleichmäßige

und genügend starke Packlage abgibt. Die dünnere aber gleichmäßigere Strohlage gestattet die Verwendung stärkerer, weiterer Kernspindeln. Sodann wird das aufgesponnene Stroh mit Lehm bestrichen und letzterer getrocknet, worauf alsdann eine dünne Lage von Lehm- oder Sandmasse aufgedreht wird. Daraufhin erfolgt abermaliges Trocknen und zum Schluß das Schwärzen. Die Spindeln gleich auf einmal mit auf das Stroh gestrichener Masse fertig zu stellen und zu trocknen, ist nicht empfehlenswert. Es entstehen beim Trocknen kleine Haarrisse; bei dem ca. 2 Atm. betragenden Gießdrucke drängt sich Eisen durch diese Risse und füllt die Spindeln. Man erzeugt dann neben Wrackguß noch unbrauchbare Spindeln, deren Kosten in keinem Verhältnisse zu der Mehrarbeit des Masseauftragens stehen, zumal die auf das Stroh zuerst aufgetragene Lehmmenge nur mit der Hand auf dasselbe, zu dessen Bedeckung gewischt wird. Erst nach dem Auftragen der Masse wird der Kern auf genaues Maß gedreht. Man fertigt die Kerne noch 1 mm dünner als die Kernmarken es angeben, damit das Strecken der Spindeln, beim Gießen und Erglühen, ohne Zwängung sich vollziehen kann. Für kleine Rohre von unter 50 mm Weite kann man bei der Anwendung starker Spindeln, die Strohlage durch dickes, loses, graues Papier, Dütenpapier, ersetzen. Man schneidet mehrere cm breite Streifen und läßt sie auf die Spindeln abrollen, sticht dann die Luftlöcher der Spindeln darin nach und verfährt mit dem Auftragen von Lehmsandmasse wie vorher. Auf solche Weise behandelte Spindeln müssen nach dem Gusse im warmen Zustande aus dem Rohre herausgezogen werden, da sie beim Schwinden des Gußstückes sonst leicht etwas festhaften und dann schwieriger zu entfernen sind.

Sollen auf der Maschine statt der Muffen- nur Flanschrohre gefertigt werden, so stiftet man am Muffenhalse und Kernzeichen-Anfange des anderen Modellendes die benötigten Flanschenmodellstücke, über das Muffenmodell hinweg, auf den Formtisch fest. Nach vollzogener Kasten-Ausstampfung

heben sich diese Modellflanschen mit dem Kasten vom Tische ab, wo sie alsdann von Hand ausgenommen und wieder an Ort auf den Tisch gebracht werden. Da sich nun der Muffenkopf an dem Flaschenrohre gleichfalls mit eingeformt findet, so muß dieser Teil von Hand bis auf den Durchmesser des unmittelbar anschließenden Kernzeichens zugedämmt werden, was sehr einfach dadurch bewirkt wird, daß man ein rundes Holzmodellstück in die Sandform einlegt und darum neuen Sand andämmt. Die Länge des Normalmuffenrohres von 3 m reicht, da die Muffe überschießend ist, auch für normale Flanschenrohre aus. Der Eingußlauf ist auf den Formtisch geheftet; das flüssige Eisen tritt um den Kern in einen Ring ein, füllt denselben aus und stürzt gleichmäßig um den Kern herum in die Form ein. Das Stück zwischen dem ringförmigen Wulst und dem eigentlichen Rohranfang ist ein dünnes Trichterstück von $^1/_3$ der Wandstärke wie diejenige des Rohres, daher schwindet es nach vollzogenem Gusse von selbst von dem gegossenen und erkaltenden Rohre ab und kann dann ohne weiteres davon entfernt werden, andernfalls genügt infolge der eingetretenen Spannungsdifferenzen ein Hammerschlag, um es vom Rohre abzutrennen.

Das Abdrehen der Massekerne auf den Spindeln erfolgt in einem eisernen Gestellrahmen, auf welchem ein mit Flacheisen garniertes Kernbrett befestigt ist. Die Spindeln drehen sich auf zwei Flachschneidlagern und können so, der Befestigung des Kernbrettes entsprechend, in genau gleicher Kerndicke gefertigt werden. An jeder Spindel ist an einem Ende ein Ringstück von ca. 12 mm Stärke mit eingedrehter Lagerfuge warm aufgesetzt. Die Fuge verhindert als Lagerlauf der Spindel deren Verschiebung während des Kernaufdrehens.

Verfolgen wir nochmals die ganze Formgebung von Rohren mit Hilfe unserer Maschine, so werden wir finden, daß die ganze Zweckmäßigkeit derselben darin im wesentlichen begründet ist, daß sie die vollkommene Ausnutzung der Bedienungsmannschaft fortlaufend gestattet. Die am

Hebekran noch mit Vorteil wirkenden vier Arbeiter finden während der ganzen Form- und Gießprozedur ausreichende Inanspruchnahme.

Denken wir uns nun Maschinen der beschriebenen Art, auf welchen Rohre von großen Dimensionen herzustellen wären, so würden demzufolge für die das 4—5 fache betragenden Nebentätigkeiten der Gesamtformgebung mehr Arbeiter eingestellt oder die Hebetätigkeiten, dem Gewichte entsprechend, zur Bewältigung durch vier Arbeiter, auf das 2—3fache usw. der Zeit ausgedehnt werden müssen. Im ersteren Falle würde sich die volle Ausnutzung der Arbeitskräfte als unmöglich erweisen, allein schon der Verwendung am Hebezeuge wegen; im anderen Falle würde die Massenherstellung nicht mehr möglich sein. Unsere Kalkulation würde in beiden Fällen ungünstig ausfallen und wir würden uns sagen müssen, daß es eine Grenze gibt, über welche hinaus die Anwendung solcher Art Maschinen nicht mehr vorteilhaft ist. Wir würden gegebenen Falles anderen Einrichtungen den Vorzug geben müssen, welche, wenn auch bei erheblichen Mehrkosten in ihrer Anlage, doch eine so rasche maschinell ausführbare Bewegung der Massen bewirkten, daß unsere Kalkulation, trotz dieser durch die Mehrkosten entstehenden Mehrbelastung, sich günstiger gestaltete, weil ja auch die Masse der Produktion im Verein mit den Gesamtherstellungskosten und Belastungen in der Kalkulation zum Ausdrucke gelangt.

Die Grenze der vorteilhaften Anwendbarkeit unserer Maschine liegt erfahrungsgemäß bei Rohren von nicht über 130 mm Weite.

Man kann bei der beschriebenen Formmaschine eine solche für mehrere Rohrmuster einrichten, indem man Façonstücke, zum Einlagern auf dem Formtische, herstellt. Da die Maschinen aber nicht kostspielig sind, und bei einigermaßen starkem Formbetriebe deren mehrere vorhanden sein müssen, so ist es in einem solchen Falle jedoch zweckmäßiger, für jedes Rohrmuster eine besondere Formmaschine

oder auch eventuell nur geschlossene Formtischplatten mit dem Formplattenmodell, zum Aufschrauben auf vorhandene Tischgestelle zur Verfügung zu haben. — Die auf beigefügter Tafel I dargestellte Formmaschine wiegt komplett 3100 kg und erforderte an produktiven Löhnen für ihre Herstellung inkl. der Modellhälften 190 Mk.; ist demnach für 14—1500 Mk. verkäuflich herstellbar.

Das Beispiel dürfte zeigen, in welcher Weise man bei Anlagen von Formmaschinen in bezug auf die zugrunde liegenden Formgegenstände, deren Zweckmäßigkeit für einen gegebenen Betrieb bemessen und kalkulieren soll.

Druck- und Hydraulische Preßform-Maschinen arbeiten im Mittel:

für Eisenguß mit 50 Atm. Betriebsdruck
„ Stahlguß „ 100 „ „

was einem Drucke von ca. 5 resp. 10 kg pro qcm Kastenoberfläche entsprechen soll. Die gepreßte Sandhöhe über welche hinaus, selbst der vertikale Pressendruck bei zylindrischen glatten Gegenständen nicht mehr rätlich ist, beträgt 150 mm.

Über mechanische Preß- und Stampfarbeit.

Die Anlage einer Form-Maschine ist stets von Vorteil, da die maschinell ersetzten Handhabungen für die Formgebungen rascher und daher vorteilhafter erfolgen, als solche durch menschliche Tätigkeit bewirkt werden können. Die Wirkungsweise ist dabei eine gleichmäßige und insbesondere die Schönheit eines Formstückes nur durch die maschinelle Ausführung der Formgebung eine vollkommene. Bei der Anlage einer Formmaschine hat man im kalkulatorischen Sinne nur die Frage zu entscheiden, ob die „Stampfarbeit" dabei, in maschineller Weise ersetzt, von Vorteil ist oder nicht, und welche Tätigkeiten bei der Formgebung man vorteilhaft durch maschinelle Einrichtung zu ersetzen hat. Um hierüber in bezug auf „Stampfarbeit" einige Klarheit zu gewinnen, wählen wir als Beispiel die in Tafel I und II dargestellte Rohrmaschine. Die Rohrmodelle aus Gußeisen

und sauber bearbeitet, können in einem Formtischschlitze mittelst Hebels in maschineller Weise gesenkt und gehoben werden und die Formkasten sind in Größe dem Mindestbedarf an Sandmasse angepaßt. Das Einstampfen des Sandes erfolgt von Hand mittelst Stampfer. — Wie im vorhergehenden Artikel bereits angegeben ist, erfolgt dieses Einstampfen eines Kastens, enthaltend zwei Rohrhälften von 80—100 mm Diam. bei 3,0 m Länge = einem ganzen Rohre, in höchstens fünf Minuten, was vier Arbeiter ausführten. Es hat demnach ein Rohr bei 40 Pfg. Lohn pro Stunde = 13 Pfg. gekostet, während der Gesamtlohnaufwand bis zum fertigen Guß für alle Tätigkeiten inklusive der Kranbedienung und des Kastenausleerens mindestens 80 Pfg. pro Rohr betrug. Die Stampfarbeit betrug demnach nur 16 % des Gesamtaufwandes an Zeit oder Lohn. Da ein Arbeiterstamm von fünf Mann täglich 25 Stück solcher Rohre herstellte, so betrug der tägliche Aufwand für die ganze Stampfarbeit 3,25 Mk. Wollte man diese Stampfarbeit durch eine maschinelle Einrichtung ersetzen, so ist ohne weiteres ersichtlich, daß dieses nicht sehr vorteilhaft sein kann und geschäftlich einen Verlust, einen Mehraufwand im Gefolge haben könnte. Denn die Amortisation der hohen Anlagekosten einer solchen maschinellen Stampfeinrichtung, deren Reparaturkosten, die Kosten für deren Antrieb, für Dampf-, Luft- oder Wasserwirkung sowie die Bedienung derselben, sind schon deshalb ganz erheblich hohe, weil die Bedienung von 4 Mk. pro Tag schon einen großen Teil an der Ersparnis jener Mk. 3,25 der ganzen Stampfarbeit erfordern würde, selbst wenn nur ein Arbeiter benötigt wird, der den Stampfapparat in und außer Tätigkeit setzt. — Denn will man auch annehmen, daß ein Rohr durch die mechanische Arbeit, durch Stampfen oder Drücken in 1/3 bis 1/4 der Zeit, als die Handarbeit es erfordert, also in etwa einer Minute, hergestellt wird, so würde die maschinelle Einrichtung täglich für Mk. 9,75 bis 13,0 Arbeit leisten gegenüber Mk. 3,25 der Handarbeit. Im Mittel ergibt sich hieraus ein Vorteil von ca. Mk. 8,20,

und rechnet man davon die Bedienungskosten mit Mk. 4 ab, so bleibt an Gewinn Mk. 4,20 pro Tagesschicht. Diesem Betrage stehen die Kosten für die Betriebskraft, der Unterhaltung wie auch der Amortisation der Einrichtung gegenüber. In diesem Falle würde demnach unsere „mechanische Stampfarbeit“ gegenüber der „Stampfhandarbeit“ keine Vorteile bieten. — Man hat daher für jeden gegebenen Fall immer genau zu prüfen, welche Zeit oder Lohnbeträge sollen durch eine „mechanische“ Stampfarbeit ersetzt werden. Dagegen liegt die Frage für einen Formgegenstand, der durch eine einzige Preßwirkung, also durch einen Flächendruck, die Stampfarbeit ersetzen kann, wesentlich anders, da durch diese Wirkungsweise großer Zeitgewinn entsteht. Es handelt sich hierbei aber auch nur um mechanische „Preßarbeit“ und nicht um mechanische „Stampfarbeit“.

Wird die Stampfarbeit eine beschwerliche, eine mehr Kraft erfordernde, wie solche das Formen von Stahlguß- und aller Gegenstände, die in besonderer Formmasse, die nicht so plastisch ist, wie der Formsand, hergestellt werden, so kann die mechanische Stampfarbeit eine zweckdienliche werden, sonst bleibt dieselbe eine ungemein beschränkte, nicht sehr vorteilhafte.

II. Das Beschicken der Kupolöfen.

Die Beschickung eines Kupolofens soll eine geordnete, regelmäßige sein; es sollen die Gichtsätze abgewogen und abgemessen sein, so daß einer bestimmten Eisengicht auch ein dazu bestimmtes Koksmaß zur Schmelzung beigegeben bleibt und desgleichen sollen die Zuschläge von Kalkstein oder Flußspat gleichmäßig zu jedem Gichtsatze erfolgen. Erfolgen die Gichtsätze unregelmäßig, so kann auch nur ein unregelmäßiger Ofengang, abgesehen von sonst möglichen Störungen, die Folge davon sein. In der Praxis wird die gute Regel wenig befolgt, selbst wenn eine Waage an der Ofengicht vorhanden ist und die Gichtsätze gewogen und gemessen werden sollen, so wird dieses meist von der Bedienungsmannschaft unterlassen und die Gichtsätze nach

Gutdünken aufgegeben. Haben die Arbeiter sich auch eine gewisse Übung angeeignet, so daß große Fehlergrenzen vermieden werden, so kann doch ein Wechsel in denselben, durch Krankheiten oder sonstige Abhaltungen, zu Störungen und bei der Neigung der Arbeiter zum Mehrverbrauch an Koks als nötig wäre, führen. Der Mehrverbrauch wird durch eine ungeregelte Beschickung geradezu bedingt und das hat sie die Erfahrung gelehrt. Die unregelmäßige, ungeordnete Ofenbedienung ist demnach gleichbedeutend mit der Verschwendung von Koks. Dadurch, daß die Gichtbühnen abgeschlossene sind, die Bedienungsmannschaft somit einer regelmäßigen Aufsicht entzogen ist, wird die Bequemlichkeit, welche das Unterlassen von Wägungen und Messungen der Gichtsätze im Gefolge hat, gefördert und geübt.

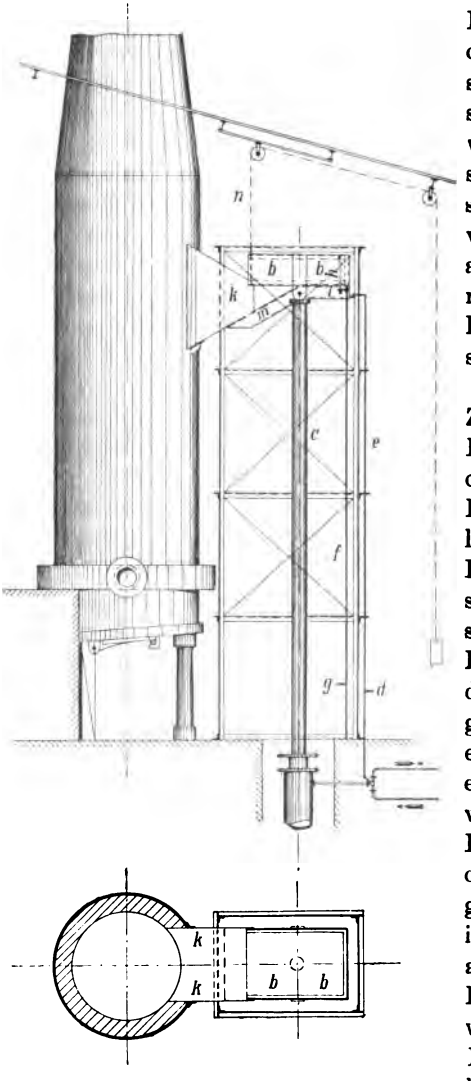
Das Gattierungseisen soll gewogen werden und die Koksaufgabe soll gemessen werden, denn der gewogene Koks könnte mal viel Feuchtigkeit besitzen und daher nicht diejenige Wärme entwickeln können, welche zum Schmelzen des Rohmateriales benötigt wird, wenn Wasser statt Koks zur Aufgabe gelangt, welcher Zuwachs sehr wenig beachtet wird und doch zu berücksichtigen bleibt, daß selbst ein lufttrockener, guter Gießereikoks bis 20% seines Gewichtes an Wasser aufzunehmen vermag, und alles Wasser nebenbei durch Mehraufgabe an Koks wieder in Dampf verwandelt werden muß.

Dem Übelstande einer ungeordneten Gichtaufgabe durch die sich außer Kontrolle befindlichen Bedienungsmannschaft, kann man dadurch begegnen, daß man die Gichtsätze nicht an der Gicht abteilt und bemißt, sondern auf der Hüttensohle, auf der Werkflur. Für kleinere Öfen, bei welchen die Gichtsätze geringe sind, kann man das Abwägen und Messen an der Gicht beibehalten, für größere Öfen und große Leistungen derselben, bei Massenförderung, ist es zweckmäßig und mitunter Erfordernis, dieses auf der Hüttenflur mittelst Hebewerkes zu vollziehen in der Weise, daß der in einer Förderschale aufgegebene und richtig bemessene

Gichtsatz an Roheisen, Koks und Kalksteinzuschlag direkt zur Gicht gelangt und durch Selbstentleerung auf mechanische Weise in den Ofen eingeführt wird.

In der beigefügten Abbildung soll eine solche Beschickungsvorrichtung zur Besprechung gelangen. Die Anlage kann in jeder zweckdienlichen Weise an einem Ofen, vor demselben oder seitlich, angebracht werden, wie es eben der Ofenentleerung oder der Schlackenabfluß wünschenswert machen. Am geeignetsten würde die Vorrichtung dann sein, wenn zwei Öfen neben einander stehen und man das Hebewerk dazwischen anlegen kann, in der Weise, daß man jeden Ofen nach Wunsch damit bedienen kann, was sich ohne weiteres bewerkstelligen ließe.

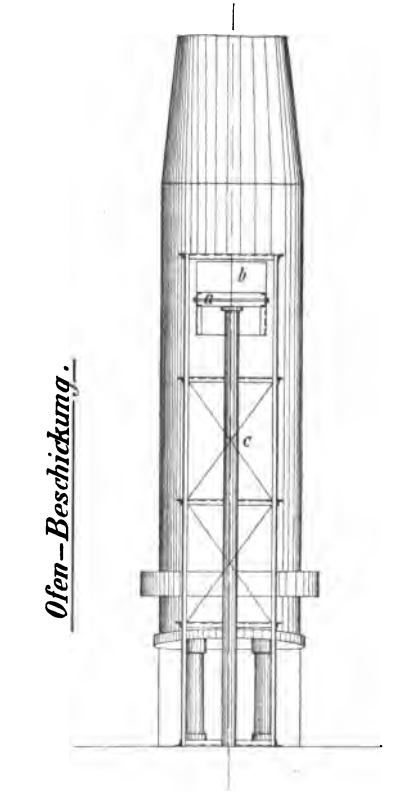
Die Vorrichtung besteht in der Hauptsache aus einem um die horizontale Achse a) drehbaren Blechkasten b), welcher von einem Plunger c) oder sonstwie maschinell gehoben und gesenkt in einem Gestelle geführt wird. Die Wirkungsweise ist folgende: der Blechkasten b) wird in seiner untersten Stellung mit dem zu einer Gicht notwendigen Eisen, Koks und Kalkstein beladen und zwar in der Weise, daß das Übergewicht sich an der dem Kupolofen zugewendeten Seite befindet. Hierauf wird, durch ein Herabdrücken des Handgriffes d), Druckwasser unter den Plunger geleitet, und dadurch der Gichtsatz gehoben. Kurz vor der Gichtöffnung wird die Stange e) von dem Unterteil des Blechkastens erfaßt und mitgenommen. Dadurch wird der Dreiwegehahn allmählich geschlossen und der Blechkasten b) kommt in Höhe der Gichtöffnung zum Stillstand. Im höchsten Punkte angelangt, wird durch Drehung der Stange f), mittelst Handgriffes g), die Kette h) von dem Stifte i) abgezogen, worauf der Kasten b), infolge seiner einseitigen Lastverteilung, nach der Seite seines Übergewichtes kippt und seinen Inhalt in den Kupolofen abrutschen läßt. Damit nichts seitlich herunterrutschen kann, sind an den Seiten der Ofengicht daselbst Schutzbleche k) angebracht. Es ist noch m) ein auf dem Plunger festsitzender Kopf mit einer



seitlich schrägen Fläche, worauf sich der Kasten b) mit seinem Inhalte stürzt und begrenzt wird. Ebenso legt sich die vordere schräge Fläche von m) so dicht an die Gichtöffnung, daß unmöglich etwas dazwischen durchfallen kann. Durch Ziehen an dem Handgriffe d) nach oben wird das Druckwasser abgelassen, wodurch der Plunger sich durch sein Eigengewicht senkt. — An dem Blechkasten befindet sich nach der ganzen Vorderseite entlang, querüber, ein Blechschieber, welcher an einer Kette hängt und durch ein Gegengewicht nicht ganz in seiner Schwere ausgeglichen ist. Dieser Schieber wird, bevor die Kettenverbindung h) vom Stifte i)

gelöst ist, hochgezogen, worauf dann der Umsturz des Blechkastens bewerkstelligt wird. Ein leichtes Gerüste aus Winkeleisen dient um die Gradeführung des Plungers daran befestigen zu können. Nachdem sich der Plunger wieder gesenkt hat, beginnt nach Einhängung der Kette h) auf dem Stift i) der Vorgang aufs neue.

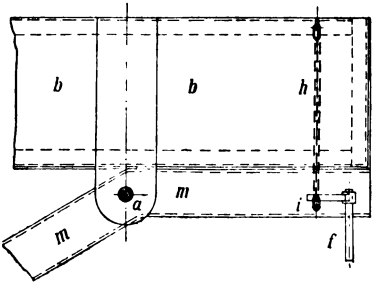
Bei zweiseitigem Betriebe, für zwei nebeneinander stehende Öfen, erhält der Plungerkopf m) zwei schräge Sturzflächen.



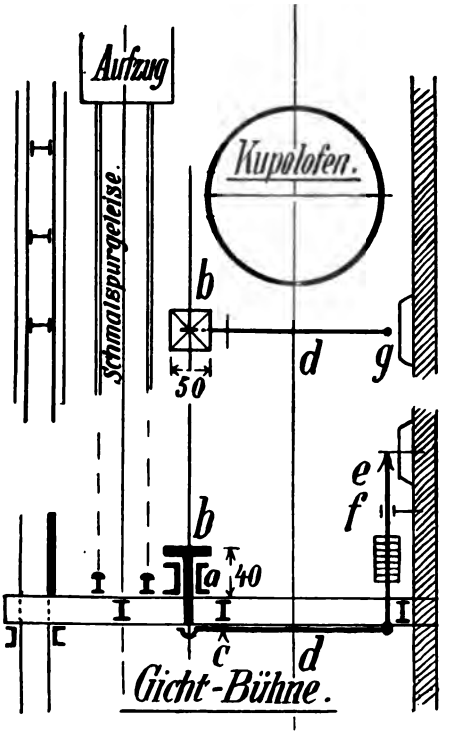
Ofen-Beschickung.

III. Allgemeine Regeln und Rekapitulation.

Bei der Anlage eines Kupolofens bleibt im wesentlichen zu berücksichtigen, welchen Zweck man damit verbindet: Sollen größere Gußstücke in erheblichen Gewichten hergestellt werden oder kommen nur kleinere Stücke bis zu 1000 kg in Betracht oder dient dieselbe zum Guß von Poterie. Je nach dem Zwecke ist ein Vorherd am



Ofen anzubringen oder es genügt unterhalb der Schmelzzone ein Sammelraum. Es ist auch zu berücksichtigen, daß, wie es bei Poterie und Feinguß meist der Fall ist, das Eisen von Hand zur Vergießstelle gebracht werden muß, wodurch Zeitverluste enstehen, daher die Schmelzkraft des Ofens so bemessen sein muß, daß es den Arbeitern noch ermöglicht bleibt, das Schmelzgut vergießen zu können.



Um den Ofen herum ist eine Gichtbühne aufzubauen, worauf mittels einer Hebevorrichtung die Schmelzmaterialien aufgebracht, sortiert und in einer Menge, welche mindestens für eine Schmelzung hinreicht, gestapelt werden können. Eine Wage hat sich in der Nähe der Ofengicht zu befinden zum Abwägen der Eisengichten. Koks und Kalkstein können mit einem Maße abgemessen werden. Für Koks geschieht es in Körben, welche das gewünschte Quantum enthalten und deren Inhalt über die Ofengicht ausgeschüttet, eventuell noch mittelst einer hölzernen Knüppelstange verteilt wird. Die Wage soll handlich bequem sein und nicht viel Platz beanspruchen. Die gebräuchlichen Wagen zeigen das Gegen-

teil. Sie sind zu niedrig und verursachen daher den Arbeitern beim Be- und Abladen eine Mehranstrengung; sie sind sperrig und daher auf dem Gichtbühnenraum hinderlich. Verfasser hat sich auf folgende Weise geholfen, welche Methode sich vorzüglich bewährt hat. In der beigefügten Skizze ist:

a) ein auf der Bühne befestigter, sauber ausgebohrter Gußständer, b) ein sich darin leicht führender gut bearbeiteter eiserner Stift mit einer Stahlschneide unten und einer festen, starken Blechplatte oben, c) ein Hängeflacheisenlager mit Stahlschneide, d) ein eiserner Hebel mit Stahllagerstellen, e) eine Stange worauf sich ein Gewicht befindet und oben ein Pfeil, f) eine Stangenführung, g) ein Holzbrett mit einem Merkmal, woran man sehen kann, ob der Pfeil sich gehoben hat durch eine Belastung der Platte b). Beträgt ein Roheisengichtsatz beispielsweise 400 kg, so wird die ganze Gattierung von der Bühne weg auf die, neben dem Ofen, vor der Gichtöffnung und dicht am Gleise befindliche und erhöht liegende, den Flurboden freilassende Eisenplatte b) gelegt resp. geworfen. Wird das Gewicht von 400 kg überschritten, so hebt sich der Pfeil über das Merkmal g) und die Wägung ist beendet; es erfolgt der Einwurf durch die Gichtöffnung, ohne daß der Gichtsetzer seinen Standort zu verändern oder sich besonders zu bücken, genötigt wäre, um die Eisenstücke zu ergreifen. Er greift und wirft.

Mit dem aus Gußplatten bestehenden Gegengewicht e), welches mit der Last von 400 kg und für die Reibungswiderstände ausgeglichen ist, kann bis auf einige Kilo Genauigkeit erzielt werden, was vollständig genügt. Selbst wenn die Vorrichtung in Jahresfrist nicht nachgesehen und nicht geölt sein sollte, kommen Differenzen über 10 kg in Mehrlast nicht vor, was insofern bedeutungslos ist, als man den Gegengewichtsausgleich doch so bemessen muß, daß er nur stets für ein gewisses Untergewicht funktioniert, da sonst ein Übergewicht immer vorhanden wäre, denn man kann Massel- und Eisenstücke nicht vor dem Ofen erst

zerkleinern, um genaue Gewichte zu erzielen, dafür ist keine Zeit vorhanden bei einem gutgehenden Ofen und Zeitverlust müßte durch Vermehrung der Bedienungsmannschaft ausgeglichen werden, was einem Geldverluste wieder gleich käme.

Die Schmelzzone der Kupolöfen reicht in der Regel bis 1,0 m über die Formhöhe. Rechnet man 1,3 m, so kann der Ofenschacht darüber hinaus mit geringwertigerem Steinmateriale ausgekleidet werden. Wo Gebäude zu schützen sind, versieht man die Öfen oberhalb der Gicht mit einem verlängerten Schachte. Derselbe kann aus gewöhnlichen gut gebrannten Backsteinen bestehen, welche mit eisernen Bändern, wenn rund, und mit Winkeleisen an den Ecken und in gegenseitiger Verankerung, wenn eckig, gegen das Bersten und gegen Risse zu schützen sind.

Rastteile muß ein Ofen zur Auswechselung von Steinfutter erhalten. Es sind gewöhnlich Winkelringe mit aufgelegten und darauf befestigten Blechrahmstücken und zwar oberhalb der Schmelzzone, weil diese am meisten der Ausbesserung und Erneuerung bedarf, sodann an der Gicht, zugleich als Untersatz für den verlängerten Schacht — die Esse. Sind Rastteile leicht einer Zerstörung durch die Feuerwirkung ausgesetzt, so ist bei deren Konstruktion für leichte Auswechselung Sorge zu tragen, gleichwie der Gichteinwurf eine besondere Belagplatte erhalten muß.

Eine Entleerungstür, welche unterhalb des Ofenschaftes sich befindet, in einem Schanierbolzen drehbar, und mit einem Keilverschluß versehen ist, bietet gegen Vordertüren große Vorteile. Nach beendeter Schmelzung kann der Ofeninhalt dadurch leicht herabfallen, während er andernfalls mit Haken herausgezogen werden muß, was sehr beschwerlich und für die Arbeiter belästigend ist.

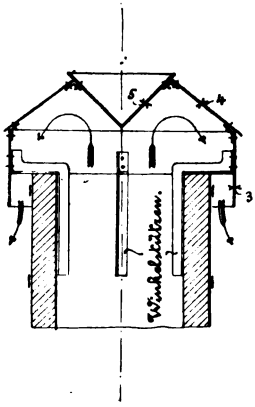
Die Windzuführung muß außerhalb des Ofens angebracht werden; die Anbringung im Innern kann mit Unzuträglichkeiten verknüpft sein und sich auch der Wind stark erhitzen, es ist aber stark erhitzter Wind beim Ofenbetrieb zu vermeiden, da er die Kohlensäurebildung be-

hindert. Die Windleitung darf keine scharfen Ecken oder Kniestücke haben, letztere sollen bogenförmig gewählt sein, damit wenige Druckverluste entstehen. Der Wind muß absolut gleichmäßig allen Düsen zugeführt werden und auch in gleichem Drucke. Ist die Windzuführung eine ungleichmäßige, so entsteht ein schlechtes Schmelzprodukt; an den Stellen, welche zu wenig Wind erhalten, bilden sich Oxydgase, die Schmelzung wird daselbst verlangsamt und das Eisen entkohlt in der Sauerstoff reichen Luft und wird daselbst hart. Daher ist es empfehlenswert, daß nach dem Eintritte des Windes durch die Ofendüsen, derselbe nochmals innerhalb des Ofens sich ausgleichen kann, wie bei Ofen I der früheren Skizzen.

Die Ofenhöhen von Düsen bis Gicht richten sich nach der gewünschten Schmelzkraft und dem Winddrucke. Für starke Drücke muß eine größere Höhe gewählt werden, als für kleinere. Für starke Gebläse von 5—600 mm Wassersäule, für andauernden Ofenbetrieb, wo neben Kohlensäurebildung auch Kohlenoxydgase vorhanden sein müssen, um das Ofenfutter für die verlängerte Schmelzperiode erhalten zu können und man auf große Schmelzkraft durch viel Windzufuhr, und auf hohen Kokssatz angewiesen ist, muß die Ofenhöhe doppelt bemessen werden, als es sonst üblich ist — bis zu 6 m über den Düsen bis Gicht.

Der Winddruck ist für einen guten Ofengang ziemlich gleichgültig; es bleibt nur die eine Bedingung, daß derselbe für eine gegebene Ofendimension so stark sei, daß er das Ofeninnere voll erreicht und mit Sauerstoff sättigen kann, sonst eine schlechte Verbrennung, Oxydgasbildung, verlangsamte Schmelzung, Anreicherungen des Schmelzeisens aus dem Kokse und schlechter Guß die Folgen sind. Für einen Ofen von 1,2 m Zonendurchmesser soll der Druck aus den Düsen in den Ofen nicht unter 300 mm Wassersäule und die Luftmenge, welche dem Ofen zuzuführen ist, mindestens 90 cbm pro Minute betragen, was für 3,0 m Gichthöhe angemessen ist. Je größer der Winddruck und die zugeführte Luftmenge ist, desto mehr schmilzt der Ofen,

unter sonst gleichen Verhältnissen betrachtet, nieder. Es vergrößert sich einfach die Schmelzzonenhöhe. Ein rasches Niederschmelzen ist insofern von Vorteil, als das Schmelzgut alsdann auch schneller allen schädlichen Einflüssen entzogen wird und da ein rasches Schmelzen auch ein heißes Schmelzgut zur Folge hat, so kann sich dasselbe besser mischen und gleichartiger werden, als ein dickflüssiges trägeres Eisen. Ein hoher Winddruck und ausreichende Windmenge ist daher geringem Drucke und weniger Windmenge gegenüber vorteilhaft. Wenn es sich um eine große Leistung eines Ofens handelt und, wie in einem früheren Beispiele angeführt ist, 14 Tonnen Roheisen stündlich niederzuschmelzen sind, so muß naturgemäß eine große, entsprechende Windmenge dem Ofen zugeführt werden, der Ofen muß für solche Massen eine große Höhe erhalten, dem Wind stellen sich größere Hindernisse, Widerstände entgegen, der Druck wächst an den Formen und im Ofeninnern, es muß mit 600 bis 800 mm Wassersäulen-Druck geblasen werden, obwohl im anderen Falle für die gleiche Ofendimension schon 300 mm Wassersäulen-Druck ausgereicht hätten zur Erzeugung heißen Eisens. — Winddruck, Windmenge, Ofenhöhe und Schmelzkraft stehen daher in Wechselwirkung.



Eine Schachthaube soll jeder Ofen besitzen, denn bei dem Niedergange des Schmelzgutes, bei zu Ende gehender Schmelzung, entsteht eine mehr oder minder große, sichtbare Flamme über der Esse, verbunden mit geschleuderten, sich oft weit fortbewegenden, brennenden Aschen- und Koksteilchen, deren Feuergefährlichkeit vorzubeugen ist. Ein solcher Funkenfänger, wie Verfasser sie zur vollen Zufriedenheit nach seiner Konstruktion angewendet hat, ist hier abgebildet und ist es leicht, die

Konstruktion für einen runden, wie rechteckigen Ofen zu bilden. In letzterem Falle erfolgt die Funkenschleuderung auf den beiden Langseiten. Die Flugasche fällt auf die angrenzenden Dächer, wo dieselbe von Zeit zu Zeit oder durch Wind und Regen beseitigt wird; man kann auch für die gröbsten Aschenteilchen einen Blechkranz-Behälter um die Ofenschachtesse anbringen, wo dieselben hineinfallen und von Zeit zu Zeit entfernt werden müssen, was jedoch nicht sehr wichtig ist, da Wind und Regen alles besorgen.

Die Ofen-Mäntel wurden früher in Gußeisen, werden aber jetzt nur noch in Blech von 10 mm Stärke hergestellt. Bei der Wahl in Gußeisen werden für Rundschachtöfen die Mäntel in sechs- oder achteckiger Form gewählt, die einzelnen Segmente mit Flanschen versehen und zusammen verschraubt.

Die Düsengrößen wählt man möglichst reichlich, damit der Wind frei ohne künstlich erzeugte Druckerhöhung, durch zu enge Düsen, in den Ofen eintreten kann; es genügt schon ein Wassersäulendruck von 300 mm, um das Ofeninnere bei 1,2 Diam. gut zu treffen. Es ist jedoch ein Minimaldruck. Man nimmt für die gesamten Düsenquerschnitte bei starker Windpressung $^1/_3$ und bei schwacher $^1/_5$ bis $^1/_3$ des Schmelzzonenquerschnittes. Man findet die übliche Anzahl von Düsen: bei Öfen bis 700 mm Diam. zu 2 Stück, und bis 1,2 m Diam. zu vier Stück in einer Ebene. Bei Dauerbrandöfen mit Sammelraum darunter findet man sehr zweckmäßig die Düsen in den erweiterten Sammelraum gelegt, welcher wie bei Skizze Seite 197 eine Weite von 2,1 m hat. Es sind daher auch sechs Stück darin angeordnet. Bei Anordnung von kleineren Oberdüsen, soll man dieselben nur als Hilfsdüsen betrachten, um bei Verstopfungen oder für eine Betriebs-Verstärkung oder Neubelebung einer gestörten Schmelzung sich helfen zu können. Dieselben brauchen sich nicht weit von den unteren zu befinden, da sonst für kürzere Dauer des Schmelzbetriebes Nachteile daraus entstehen: Sie erfordern vermehrten Füllkoks und bei Schwindung der Stützkoks-

masse in der Schmelzzone, wodurch deren Höhe sich verringert, was bei einer längeren Schmelzdauer und wenig Koksverbrauch, also bei großer Inanspruchnahme gar nicht selten vorkommt, können die noch in Schmelzung begriffenen Roheisenstücke in die Nähe einer solchen Düsenreihe gelangen, werden daselbst wieder kalt geblasen und müssen aus den größeren Unterdüsen wieder mühsam entfernt werden, oder aber der ganze Schmelzbetrieb hat ein vorzeitiges Ende erreicht. Einen besonderen Wert haben solche Düsen nicht, da man jeden Ofen für einen Geringstverbrauch an Koks ohne solche umbilden kann. Als Hilfsdüsen, wie bei dem besprochenem Dauerbrandofen IV, sind sie jedoch nützlich, denn an Koks wird bei solchen Öfen nicht gespart und kann auch nicht gespart werden, da jedes Vorkommnis, jede Störung des Betriebes ausgeschlossen bleiben muß; es kommen dabei demnach obige Fälle nicht vor.

Bei Öfen mit Vorherden sind die Düsen nicht direkt auf dem Herdboden zu verlegen, sondern etwas darüber, damit sich noch glühender Koks darunter befindet, worin die niederträufelnde Schlacke in Wärme gesättigt und gut flüssig erhalten bleibt und ablaufen kann, ohne vom Windstrom kalt geblasen werden zu können und ohne einer fortwährenden Entfernung durch Öffnen der Düsentüren zu bedürfen.

Der Füllkoks hat einen doppelten Zweck zu erfüllen: die Vorwärmung des Ofens und insbesondere die Bildung und Erhaltung einer Schmelzzone während der Betriebsdauer eines Ofens. Die Höhe dieser Zone von Oberkante Düsen an gerechnet, hängt von der in den Ofen eingeführten Windmenge, der Schmelzkraft, ab. Für gewöhnlich rechnet man dafür 1,0 m Höhe. Beim Eintritt des schon mit Wärme gesättigten Eisens in die Schmelzzone zerfließt dasselbe und träufelt darin nieder. Die Höhe einer Zone muß stets während des Betriebes erhalten bleiben, weil sonst das Eisen niederer oder erst in der Nähe der Düsen schmelzen könnte und vom Windstrome getroffen,

entkohlt würde, da daselbst stets freier Sauerstoff vorhanden ist, der bei der fehlenden Koksmasse in der erniedrigten Schmelzzone, die nunmehr statt des glühenden Kokses mit ungeschmolzenem Eisen angefüllt ist, keine Gelegenheit hat, sich genügend zu Kohlensäure umzubilden, vielmehr rasch abgekühlt wird an dem zu früh getroffenen Schmelzprodukt, sich in Kohlenoxydgas umbildet und die Schmelzkraft des Ofens herabsetzt, sowie gestörten Betrieb und harten Guß zur Folge hat. In der kleineren herabgeminderten Schmelzzone wird mithin nur ein Teil der reichlich zugeführten Luftmasse zur Kohlensäure-Bildung benötigt. Darüber hinaus wird die Hitze von zerfließendem Eisen aufgezehrt und herabgemindert und da daselbst unverbrauchter Kohlenstoff — Koks — vorhanden ist, so verbindet sich der Sauerstoff zersetzter Kohlensäure und der frei in der überreichlichen Luftzufuhr vorhandene mit demselben, dadurch entsteht Kohlenoxydgas. Welche Wirkung aus diesem Vorgange sich ableiten läßt, wenn die Schmelzzone während eines langdauernden Betriebes durch geringe Koksaufgabe stark sinkt, kann man danach leicht bemessen, daß Kohlenstoff (Koks) zu Kohlensäure verbrannt 8080 Wärmeeinheiten entwickelt, bei der Bildung zu Kohlenoxydgas aber nur 2473 Wärmeeinheiten. Man tut daher gut, wenn man bei einer verlängerten Schmelzdauer und bei einem Satzkoks von nur 6—7 % des Roheisens, im letzten Drittel des Betriebes ein einmaliges reichlicher bemessenes Koksquantum als Satz aufgibt und dadurch einer eventuellen vorzeitigen Erniedrigung der Schmelzzone vorbeugt.

Der Schmelzkoks muß als Satzkoks in nicht zu großen Stücken zur Verwendung kommen, damit die Zwischenräume, welche durch die Roheisensätze sich bilden, möglichst gut ausgefüllt werden, so daß die aufsteigenden Kupolofengase nicht Kanäle finden, durch welche sie leicht entweichen können oder erst in höheren Lagen einen Teil des Kokses entzünden, dessen Gase alsdann an der Gicht nutzlos brennen. — Der Koks muß hart, fest, schwer und möglichst trocken sein. Lufttrockener Koks kann im Regen

innerhalb 6—8 Stunden bis 20 % seines ursprünglichen Gewichtes an Feuchtigkeit aufnehmen. Verhüttet man einen feuchten Koks dem Gewichte nach, so fehlt der aufgenommene Prozentsatz von Wasser an der zur Schmelzung benötigten Koksmasse und die Folge ist, daß der Füllkoks sich rasch verzehrt, anfangs das Eisen, wenn auch weniger heiß niederschmilzt, jedoch eine längere Schmelzung unmöglich wird. Je nach dem Grade der Feuchtigkeitsaufnahme tritt dieser Fall früher oder später während des Betriebes ein. Wird der Koks nicht gewogen, sondern wie das meist üblich und zweckmäßig ist, der Menge nach aufgegeben, so bleibt der Ofenbetrieb nur insofern gestört, als ein schlecht flüssiges, träges, mattes Eisen erblassen wird, welches sich schlecht vergießen läßt und zwar nur sehr rasch, denn sonst bleibt es zumeist in den Pfannen hängen. Bei 20 % Wasser im Kokse statt 5 % würde dessen Verdampfung, Überhitzung und Brennstoffverlust ca. 17 % zur Folge haben. Schmilzt man mit 6 % Satzkoks, so würden in letzterem Falle nur 5 % zur Verwertung gekommen sein, wodurch obige Erscheinungen ihre Begründung finden.

Kalkstein setzt man den Gichten bis zu 40 % und mehr des Satzkokses zu. Er soll die Schlacke flüssig machen und den Schwefel im Kokse binden und in die Schlacke überführen. Diese Verbindung geht derselbe aber nur in hoher Temperatur, bei heißem Ofengange ein. Daher leistet er für gewöhnlich auch nur mehr oder weniger und kann man erfahrungsgemäß damit rechnen, daß das Schmelzprodukt den Schwefel zumeist aufgenommen hat. Bei den Roheisengattierungen haben wir dafür eine Aufnahme von im Mittel 0,05 % vom Roheisengewichte ins Schmelzgut als Rechnungsgröße angenommen, da zahlreiche Analysen im Brucheisen 0,1 % Schwefel und mehr ergaben, obwohl im Roheisen nur 0,05 % vorhanden waren. Der Kalkzuschlag ist naturgemäß auch dem Füllkokse beizufügen. Es empfiehlt sich den Steinzuschlag nicht vom Kokssatze abhängig zu machen, da außer der Koksasche, der den Masseln anhaftende Sand und in den Ofenausschmiermassen

enthaltenen Substanzen in den Schlacken leichtflüssig erhalten bleiben sollen, wozu häufig 6 % vom Roheisengewichte kaum ausreichen dürften. Er ist auch zu beachten, daß der gewöhnliche Kalkstein häufig ganz minderwertig ist. Der beim Hochofenbetriebe angewandte Kalkstein besitzt nur 47—48 % reine Kalkerde.

Flußspat vertritt die Stelle von Kalk, er wirkt stärker als dieser, daher sein Verbrauch nur auf die Hälfte desselben bemessen wird. Er erniedrigt den Schmelzpunkt der Schlacke, daher dieselbe dünnflüssiger wird. Die Kalksteinschlacken sind dickflüssig und verschmieren bei Beendigung einer Schmelzung die untere Schmelzzone der Öfen stark; Flußspat erhält dieselben rein, da die Schlacke, weil leichtflüssig, besser abläuft. Es ist daher sehr zu empfehlen beim Abblasen eines Ofens den zwei oder drei letzten Gichten Flußspat statt Kalk beizugeben. Flußspat soll das Ofenfutter besser erhalten als Kalk, was aber nicht zutreffend ist, es sei denn, daß er nur mäßig dem Schmelzgute zugesetzt wird. Bei Dauerbrandöfen ist große Vorsicht in seiner Verwendung geboten, da es vorgekommen ist, daß das Ofenfutter vorzeitig abgebrannt und gestört war, und der Weiterbetrieb eingestellt werden mußte. Alle Vorzüge des Flußspates gegenüber dem Kalksteine sind aber nur dann von Wert, wenn derselbe rein von Schwefel, Phosphor und Schwerspat zur Anwendung kommt, worauf besonders zu achten ist; in letzterem Falle soll er den Schwefel und Phosphor im Roheisen und Kokse erheblich angreifen und verschlacken.

Rechteckige Ofenschachtform ist empfehlenswert, wenn die Masselstücke nicht wesentlich zerkleinert werden sollen, so daß man mit Stücken von $^3/_4 + {}^1/_4$ oder $^1/_2 + {}^1/_2$ der Massellänge gichtet. Es kann in diesem Falle der Ofenquerschnitt vollständiger als bei Rundöfen ohne Spielraum ausgefüllt werden. Der Windzutritt an den beiden Langseiten ist dabei auch der gleichmäßigste und vollkommenste. Es bleibt zu beachten, daß es Hämatit-Roheisen gibt, welches sich nur mit großem Kostenaufwande

zerkleinern läßt, wie das englische West-Cumberland, welches Biegungen annimmt; es bleibt die Verhüttung längerer Masselstücke gegenüber der Verwendung zerkleinerter Stücke auch kalkulatorisch von Vorteil, selbst wenn man etwas mehr Koks dieserhalb setzen will. — Beim Rundofen sind immer im äußeren Umfange die kleinsten Eisenstücke zu gichten, damit ein Abschluß der Ofenwand stattfindet, andernfalls der aufsteigende Luftstrom Kanäle findet, in welchen er ungestört entweichen kann, ohne in das Ofeninnere einzudringen, wodurch die Schmelzung eine verlangsamte und schlechte wird.

Das Aufhängen der Ofengichten ist eine sehr unliebsame und störende Erscheinung beim Ofenbetriebe, denn bleiben die oberen Gichten hängen, so brennt die Schmelzzone darunter aus und wenn, bevor das Koksbett bis zu den Düsen niedergegangen ist, die oberen Gichten nicht von selbst oder durch mechanische Einwirkungen, durch Stoßen und Stampfen mit schweren Eisenstücken, zu Fall gebracht worden sind, so ist es mit dem Weiterbetrieb zu Ende, wenn ein Vorherd am Ofen angebracht ist, in welchen das flüssige Eisen abgelaufen war; und sehr störend, wenn ein Sammelraum unterhalb des Ofens sich befindet, worin die Ofenmasse stürzt und dort in der Glühhitze, dem flüssig vorhandenen Eisen und der darin befindlichen Koksmasse erst wieder soweit angefacht werden muß, bis wieder ein geordneter Betrieb sich entwickeln kann.

Das „Aufhängen" kommt besonders bei den länglich rechteckigen Öfen häufig vor, tritt aber auch bei Rundöfen bis zu 1,0 m Diam. auf. Es beginnt die Aufhängung immer kurz über der Schmelzzone. Bei Öfen von 3,6 m Höhe von Düsen abgerechnet, liegt der Aufhängesitz nach den Beobachtungen des Verfassers zwischen ca. 1,5 m über den Düsen und 1,5 m von Gicht ab, also da, wo das Eisen vor dem Eintritt in die Schmelzzone einen teigartigen Zustand angenommen haben muß. Die teigartigen Eisenmassen verbinden sich aneinander und der Druck der auf ihnen lastenden Gichten breitet dieselben aus, so daß sie

sich an den Wänden pressen können. Ist ein Ofen stark ausgebrannt und zeigt das Mauerwerk in seinem oberen Schachtteile starke große Fugen und Unebenheiten, so gerät die teigartige Masse in diese hinein, hält sich fest und wird immer kräftiger je länger es dauert, und je mehr die Schmelzzone darunter verschwindet und die Gebläseluft dieses Gebilde direkt treffen kann und abkühlt. Häufigere Ausmauerung der zerstörten und zerklüfteten oberen Schachtmauerung von der Schmelzzone ab bis zu 1,0 m vom Gicht ab, wirkt einer Aufhängung entgegen und beseitigt diese gänzlich.

Die Abstiche. Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei gleichem Gattierungsmateriale die ersteren Abstiche aus dem Kupolofen gegenüber den mittleren und letzten von abweichender Beschaffenheit sind. Die ersteren sind weicher, die letzteren härter. Man erklärt sich dieses dahin, daß im Anfang der Schmelzung, wo eine hohe Füllkoksschicht die Schmelzung einleitet, das niederträufelnde Eisen Kohlenstoff aus derselben aufnimmt, insbesondere aber Silicium aus der Ofenausschmierung und der Herdsohle; späterhin wenn diese Schicht immer mehr durchbrennt und niederer wird und die Wärme intensiver sich gestaltet als anfänglich, erfolgt eine gleichmäßig vermehrte Aufnahme oder gleichmäßiger Abgang der in Betracht kommenden Stoffe. Dagegen ist das allererste Eisen, welches zum Niedergange kommt, immer etwas hart, weil die Füllkoksschicht, welche es zu durchträufeln hat, noch nicht durchweg sich in der vollsten Weißglut befindet; es ist daher der Sauerstoff der Luft noch nicht zur vollen Kohlensäureentwickelung verbraucht, das Eisen wird durch den Luftstrom kalt geblasen, wie der Gießer sich ausdrückt, das heißt: es entkohlt, wird hart, es entsteht gebundener Kohlenstoff. Es trifft dieses natürlich nur beim ersten Abflußeisen zu, so lange dasselbe träge und schwerflüssig noch ausfließt, und ganz zuletzt, wenn die Füllkoksmenge derartig gesunken ist, daß keine Abkühlung der Gase an neuem Eisen mehr erfolgen kann und eine rasche Aufzehrung des Koks-

restes eintritt, sowie eine schnelle Entweichung der sonst angestauten Wärmemasse, da bei den herabgegangenen Ofengichten die Widerstände fehlen. Diese letzte Schmelzperiode ist der ersten ähnlich, der reichlich vorhandene Sauerstoff, welcher sich nicht mehr umsetzen kann, da die Kohlenstoffmenge fehlt, wirkt entkohlend auf das Eisen, halb geschmolzene Eisenstücke können bis an die Düsen gelangen und noch störend wirken, weshalb bei längerer Schmelzdauer man niemals den letzten Gichten wenig oder gar keinen Koks mehr beifügen sollte, wie das vielfach geschieht.

Legt man Wert auf gleichmäßige Gußprodukte, so sollte man die ersten Abstiche zu Waren vergießen, an welche nicht besondere Ansprüche gestellt werden, besonders wenn ein Vorherd vorhanden ist, da das erste sich darin ansammelnde Eisen durch die größere Abkühlung noch seine Mischungsfähigkeit ganz einbüßen kann und dann an den Gußstücken Müllstellen ausschwitzt, wie bereits Seite 120 besprochen ist.

Alle diese Nachteile des Kupolofenbetriebes fallen beim Flammofen weg, da das Schmelzgut nicht eher zur Verwendung gelangt, als bis es durch Probeentnahme die gewünschte Beschaffenheit hat; er ist in gewisser Beziehung ein chemischer Apparat, den man besser handhaben kann, als es sich beim Kupolofen ermöglichen läßt. Bei Öfen mit Vorherden fallen die Erscheinungen des zuerst niedergehenden Eisens, sowie die Unterschiede der nachfolgenden Schmelzung nicht so auf, da das Schmelzprodukt sich in größerer Ansammlung einheitlicher mischen kann, bevor es zum Abstiche gelangt, was in Sammelräumen — unterhalb und in voller Verbindung mit dem Ofenschacht selbst — nur in beschränktem Maße der Fall ist, da diese Räume stets klein bemessen werden müssen, ansonst die Füllkoksmenge und der Koksverlust zu beträchtlich würde.

Will man dem Übelstande einer Entkohlung des Roheisens vorbeugen und dennoch den größten Teil des Füllkoksrestes am Ende der Schmelzperiode zur Schmelzung

noch verwerten, so muß man die Schmelzzone sich erniedrigen lassen, indem man den letzten Eisen-Gichten weniger Koks zusetzt, aber auch dem Ofen weniger Luft zuführt, den Gebläsedruck kleiner hält, entsprechend dem erniedrigten Ofeninhalte.

Spezialguß. Bei der Gattierung des Roheisens zu Spezialzwecken ist es erforderlich, daß das Schmelzgut heiß, überhitzt niederschmilzt, damit dessen verschiedenartigen chemischen Verbindungen, Schmelzbarkeiten und spezifischen Gewichte eine vollständige und innige Vereinigung gestatten; andernfalls ungemischtes, verschiedenartiges Eisen aus dem Ofen fließt und die daran geknüpften Erwartungen ganz gegenteilige sein können, wenn dasselbe direkt zur Verwendung gelangt. Auch sind Zusätze in die Gießpfanne nur bei gut erhitztem Eisen zulässig neben genügender Mischung derselben durch Umrühren oder solcher Mittel, welche das Eisenbad in kräftige Aufwallung versetzen, wie solche Seite 26 und 253 besprochen sind. Das Niederschmelzen von Stahl- und Schmiedeisenzusätzen im Ofen bedingt immer einen sehr heißen Ofengang. —

Kupolofen-Anheizung. Auf das Brennholz kommt der Satzkoks. Sonach wird das Holz mit Stroh angezündet und alle Düsentüren werden weit geöffnet bis der von außen eindringende Luftstrom den Koks soweit angebrannt hat, daß auch die obere Schicht dieses Satzkokses ergriffen ist. Danach wird der Ofen mit der ersten Eisen-Gicht versehen, darauf folgt eine Schicht Schmelzkoks und so weiter und zwar genau in denselben Gichtsätzen, an Gewicht und Maß wie anfänglich, bis zur Höhe des Gichteinwurfes. Jeder Gichtsatz erhält sein Quantum Zuschlag von Kalk oder Flußspat und soll auch der Füllkoks schon diesen Zuschlag zur Flüssighaltung der Koksschlacken erhalten. Ist der Ofen gefüllt, dann werden die Türen und Schlackenabflüsse verschlossen und das Gebläse mit vollem Drucke, wie bei der ganzen Schmelzdauer, angestellt. Nach 15 Minuten träufelt schon geschmolzenes Eisen reichlich nieder. Beginnen die Ofengichten zu sinken, so werden

folge von Wärme besprochen ist, der Wärme folgt, gleichwie auch der Phosphor. Es steigt der Schwefel in einem Gußstücke seiner Menge nach nach „oben"; dagegen strömt das Silicium dahin, wo die Wärme am längsten anhält, also nach „unten" und es kommt noch hinzu, daß das Silicium die Neigung hat, den Schwefel zu verdrängen. Daher findet sich bei der größten Siliciummenge auch die kleinste Schwefelmenge und umgekehrt. Es scheint auch begreiflich, da Mangan nur sehr geringe Unterschiede zeigt, daß diese Vorkommnisse bei den siliciumreicheren, besseren Marken mehr in die Erscheinung treten, als bei den daran ärmeren und daher härteren Sorten, was wiederum zur Folge hat, daß bei der Anwendung der letzteren sich auch der geringste Fehlguß ergibt. Es stehen noch Schwefel und Kohlenstoff in Wechselwirkung; je mehr Schwefel in einem Roheisen enthalten ist, desto geringer wird sein Sättigungsgrad an Kohlenstoff, auch wirkt er auf Erhaltung und Erzeugung gebundenen Kohlenstoffes hin.

Man ersieht aus dem Vorhergehenden, wie verschiedenartig die Stoffverbindungen in gleichem Materiale auftreten und welche Irrtümer durch eine einseitige Analyse entstehen können, besonders wenn es sich um eine weiche Materialgattierung handelt. Will man daher mit einiger Sicherheit über die Eigenschaften, die sich aus den Bestandteilen eines Roheisens folgern lassen, unterrichtet sein, so muß die Durchschnittsanalyse gekannt sein und kann letztere nur dadurch gewonnen werden, daß man eine größere Anzahl von Masselstücken vollständig durchbohrt, um Späne von den äußeren und den inneren Schichten zu erhalten und diese sorgfältig mischt. Die Anzahl der zur Probe gewählten Stücke richtet sich nach der Gleichartigkeit des Materiales, welche dadurch sich zu erkennen gibt, daß man eine größere Anzahl Masselstücke zerschlagen läßt, und auf das Aussehen ihrer Bruchflächen prüft.

Daß aber auch die Gebrauchsmaterialien und die Gichtzuschläge sehr wesentlich auf die Eigenschaften eines Gußstückes einwirken können, geht schon daraus hervor:

daß ein Kalkstein ganz minderwertig sein kann; Flußspat viel Schwerspat, der sehr schädlich wirkt, enthalten kann, da dieser schwefelsaures Baryt ist; der Koks bis ca. 2 % Schwefel [1]) besitzen kann, wovon erfahrungsgemäß die Hälfte in das Schmelzgut übergeht; die Formschwärze — der Graphit — kann bis 60 % Bergmittel [1]) enthalten mit aufbrausenden Wirkungen, wodurch Blasenstellen, Porosität und Müllstellen durch Ablösung von Formmasse und Einmischung in das flüssige, erstarrende Eisen, hervorgerufen werden können. Es ist daher die Kontrolle dieser Stoffe ebenso wichtig, wie diejenige des Roheisens selbst.

IV. Die Kitte der Eisengießerei.

Die Kitte können, je nach ihren wesentlichen Bestandteilen zu ihrer Verwendung, sein: Kalk-, Öl-, Schwefel- und Harz-, Eisen-, Stärke- und geringwertige Kitte. Zu letzteren kann man die Wasserglaskitte, Zinkkitte etc. zählen.

Bereitung der Eisenkitte.

a) Gegen Hitze und Wasser:

Rostkitt für Röhren, Dampfkessel etc.:

2 T. Salmiak
35 T. Eisenfeilspäne, Bohrspäne
1 T. Schwefel
} mit Wasser zu steifem Brei zu fertigen;

oder

2 T. Salmiak
1 T. Schwefelblumen
60 T. Eisenfeilspäne
} mit Wasser, dem 1/6 Essig oder etwas Schwefelsäure zugesetzt ist, zu Brei zu fertigen.

Zum Ausstreichen von Rissen sind solche vorher fettfrei mit Ammoniakflüssigkeit auszuwaschen;

oder

100 T. rostfreie Eisenfeilspäne
2 T. Salmiak
10 T. Wasser
} zu Brei gefertigt.

[1]) Siehe auch Seite 10, 21, 156.

b) Eisenkitt gegen Glühhitze:

4 T. Eisenfeilspäne
2 T. Ton
1 T. Schmelztiegel oder Schamotte
} zu Sand pulverisiert und mit gesättigter Kochsalzlösung zu einem Teiche gemacht;

oder

50 T. Eisenfeile
45 T. Lehmpulver
5 T. Borax
5 T. Salz
10 T. Braunstein
} Borax und Salz zuerst in Wasser gelöst, dann mit dem übrigen rasch gemengt und aufgetragen. Sintert in Weißglut zu luftdichter Masse;

oder

100 T. Eisenfeile
50 T. Ton
10 T. Salz
10 T. Quarzsand
} für Glühhitze geeignet;

oder

140 T. Eisenspäne
20 T. hydraulischen Kalk (Zement)
25 T. Quarzsand
9 T. Salmiak
} mit Essig zu Brei gerührt; vor dem Glühen des Gegenstandes ist ein langsames Austrocknen nötig;

oder

180 T. Eisenfeile
45 T. Lehm
8 T. Kochsalz
} mit starkem Essig zu Teig geknetet; muß vor der Verwendung in Glühhitze gut getrocknet sein;

oder für gesprungene Herdplatten:

20 T. Eisenfeile
12 T. Hammerschlag
30 T. gebrannten Gips
10 T. Kochsalz
} mit Tierblut angemacht zu Brei. Derselbe muß sofort verwendet werden. Wasserglas statt Tierblut ist besser;

oder für Eisen-Öfen:

10 T. Eisenfeile
12 T. Sand
10 T. Beinschwarz
12 T. gelöschten Kalk
5 T. Leimwasser
} Sogenannter Schwarzkitt.

c) Wasserdichte Kitte für Guß-Röhren, Wasserbehälter Gußsprünge:

gebrannter Kalk
römischer Zement
Töpferton
Lehm
} in gleichen Gewichten mit 1/6 des Gesamtgewichtes Leinöl zusammengeknetet;

oder

Eisenfeilpulver mit Essig zu Brei gerührt; bleibt so lange stehen, bis er braun wird, dann wird die Masse fest in die Fugen eingeschlagen.

d) Kitte für Nässe und Wärme (nicht Feuer), Dampfleitungen etc.:

2 T. Mennige
5 T. Bleiweiß
4 T. trockener Pfeifenton
} fein gerieben, innig gemengt und mit Leinöl-Firnis zu Brei gefertigt;

oder

Arabischer Gummi
Gebrannter Gips
Eisenfeile
} in gleichen Teilen mit etwas gepulvertem Glase; wird trocken aufbewahrt und zum Gebrauche mit Wasser angemacht; wird bald sehr hart.

e) Spezialkitte:

Metall an Holz oder Stein:

4 T. schwarzes Pech
1 T. Wachs
1 T. Ziegelmehl oder Kreide
} geschmolzen gemengt. Die zu befestigenden Gegenstände sind vorher zu erwärmen.

Eisen in Stein:

10 T. Eisenfeile
30 T. gebrannter Gips
0,5 T. Salmiak
} mit schwachem Essig zu dünnem Brei gerührt und sofort gebraucht.

Gußrisse auskitten: widersteht Feuer, Wasser, Laugen und Fetten vollständig:

Bleiglätte und Mennige } werden in gleichen Teilen mit Glyzerin zu dickem Teige gerührt. Die Risse sind vor dem Gebrauche möglichst zu reinigen; der Kitt wird eingestrichen und gut getrocknet.

Roots-Blower Schmierkitt zum Ausstreichen der Gehäusewände behufs Abdichtens gegen die Holz-Flügel:

6 T. Talg 6 T. Gips 1½ T. Olivenöl 1 T. Graphit 1½ T. Wachs	}	in etwas Wärme zu einer gut streichfähigen Masse zusammen gearbeitet. pro kg Mk. 4,25.

f) Brennkitte gegen Wärme und Nässe:

Pech Gepulverte Gußspäne Schwefel	}	Pech über Feuer mit soviel Spänepulver zusammengerührt, daß die Masse nicht zu breiartig wird, sodann mit etwas Schwefel, etwa 1/10 des Pechs, versetzt und in Stangen gegossen. Stücke des letzteren werden beim Gebrauche mit glühendem Eisen in die Löcher und Risse eingebrannt.

Asphaltkitt. Derselbe kommt als Asphaltkuchen unter folgenden bekanntesten Namen im Handel vor:

Limmer Vorwohler Lobsanner Val de Travers	}	Die Bestandteile sind gemahlener bituminöser Kalkstein, versetzt mit Bitummasse.

Die Anwendung zum Verkitten poröser Stellen, Risse und Löcher erfolgt, indem man Stücke in dieselben mittelst glühender Eisen einbrennt. Der harte und feste Kitt haftet ausgezeichnet, verträgt große Wärme, da er selbst im Feuer nur verkohlt und nicht brennt. Öle und Petroleum, wie solche in Anstrichfarben enthalten sind, greifen zwar den Asphalt an und können denselben für kurze Zeit an der Oberfläche weicher gestalten, es reicht jedoch für die gewöhnlichen Anstriche die Zeit vor dem Trockenwerden nicht hin, um solches bewirken zu können.

g) Gießkitt. Zum Ausfüllen tiefgehender größerer poröser Stellen benutzt man ein Gemenge aus:

Schwefel feinen Gußspänen Graphit	}	Der Schwefel wird überm Feuer mit soviel Spänen versetzt, daß die Masse breiartig wird. Zuerst bildet sich eine

dünnflüssige Masse, die aber allmählich, trotz des Feuers, in immer fester und dichter werdenden Brei übergeht; dieser Moment ist zum Ausgießen der Masse in die Poren oder Lunkerstellen zu benutzen. Sie nimmt ziemliche Festigkeit an und füllt Löcher dicht aus. Der Graphit wird beigemengt, um dem Schwefel die Farbe des Gußstücks zu geben.

h) Schienenkitt, Gußfehlerkitt.

Schwarzer Kitt (Schusterpech), Schlemmkreide, Schwerspat, Leinöl, Harz und Feilspäne werden in etwa gleichen Teilen über Feuer zusammen geschmolzen. Beim Aufwallen erfolgt der Ausguß. Derselbe wird in dichten Lappen umwickelt aufbewahrt, um das Austrocknen zu verhindern. Zum Gebrauche trennt man Stücke ab, erwärmt und knetet diese mit der Hand, drückt Stücke in Risse oder Löcher, welche vorher gereinigt und trocken sein müssen, und schlägt solche mit dem Hammer fest ein. Der Kitt wird in etwa zwei Tagen sehr hart und läßt sich nicht entfernen; — der Kitt bleibt 8—14 Tagen gebrauchsfähig und läßt sich bei einer Neubereitung wieder auffrischen.

V. Vorschriften über Gußwarenlieferung und über Gußprüfung.

Vorschriften über die Lieferungen von „Eisen und Stahl“ sind zuletzt 1901[1]) vom „Verein deutscher Eisenhüttenleute“ aufgestellt worden, wovon hier diejenigen über „Gußeisen- und Stahlformguß“ zum Abdrucke gewählt sind.

I. Gußeisen.

Bau-, Maschinen- und Röhrenguß.

Die Gußstücke sollen aus grauem, weichem Eisen sauber und fehlerfrei gegossen sein.

Es muß möglich sein, mittelst eines gegen eine rechtwinklige Kante des Gußstückes mit dem Hammer ge-

[1]) Verlag von Aug. Bagel, Düsseldorf.

führten Schlages einen Eindruck zu erzielen, ohne daß die Kante abspringt.

Das Eisen der Röhren muß feinkörnig und zäh sein und sich mit Meißel und Feile bearbeiten lassen.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 12 kg auf das Quadratmillimeter betragen.

Ein unbearbeiteter quadratischer Stab von 30 mm Seite, auf zwei, 1,0 m voneinander entfernten Stützen liegend, muß eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belastung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht.

Säulen.

Der Unterschied der Wanddicken eines Querschnittes, dessen vorgeschriebener Flächeninhalt mindestens eingehalten sein muß, darf bei Säulen bis zu 400 mm mittleren äußeren Durchmessers und 4 m Länge die Größe von 5 mm nicht übersteigen. Bei Säulen von größerem Durchmesser und größerer Länge wird der zulässige Unterschied für jede 100 mm Mehrdurchmesser und für jedes Meter Mehrlänge um je $^1/_2$ mm erhöht. Die Wandstärke soll jedoch in keinem Fall weniger als 10 mm betragen.

Sollen Säulen aufrecht gegossen werden, so unterliegt das besonderer Vereinbarung.

Röhren.

Für gußeiserne Muffen- und Flanschenröhren ist die Normaltabelle des deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern und des Vereins deutscher Ingenieure (Ausgabe 1882) maßgebend.

Die Wandstärken der Normaltabelllen genügen für einen ruhigen Betriebsdruck bis zu 10 Atmosphären, für einen Probedruck bis zu 20 Atmosphären.

Für Dampfrohrleitungen, welche Ausdehnungen und Zusammenziehungen durch Warm- und Kaltwerden ausgesetzt sind, empfehlen sich größere Wandstärken ebenso in allen Fällen, wo Stöße und Erschütterungen vorkommen können.

Der äußere Durchmesser des Rohres ist als feststehend

zu betrachten und Änderung der Wandstärken durch Vergrößerung oder Verkleinerung der lichten Weite zu erzielen.

Abweichungen vom vorgeschriebenen Gewicht sind bei Normalröhren bis ± 5 % gestattet.

Bei der Berechnung der Gewichte von Formstücken ist das Gewicht, welches sich aus den normalen Abmessungen bezw. Wandstärken berechnet, um 15 %, bei Krümmern mindestens um 20 % zu erhöhen.

Normale gerade Röhren sind senkrecht in getrockneten Formen, unter Ausschluß von Kernnägeln und Kernstützen, zu gießen; Formstücke werden dagegen in gewöhnlicher Weise hergestellt.

II. Stahlformguß.

Unter Stahlformguß ist der in feuerfesten oder dergl. Formen gegossene Stahl und zwar sowohl der in Tiegel- und Martinöfen, als auch im Konverter dargesteilte Stahl zu verstehen. Aus dem Kupolofen und ebenso aus Tiegeln gegossene Gußstücke von Roheisen mit einem Zusatze von Schweißeisen oder Stahl, welche durch nachherige Behandlung im Temperofen eine dem Stahlformguß ähnliche Eigenschaft erlangen sollen, sind im allgemeinen nicht als Stahlformguß zu bezeichnen.

Behufs Vornahme von Proben zur Feststellung der Eigenschaften des Formgusses sind an den zu prüfenden Gußstücken Probestäbe anzugießen. Diese Stäbe sind nach dem Ausglühen der Stücke auf kaltem Wege abzutrennen und für Vornahme der Proben herzurichten.

Sind die Gußstücke zum Angießen von Proben zu klein oder zu dünnwandig, so muß für etwaige Proben ein besonderes Probestück gegossen werden.

Die Zugfesigkeit soll im allgemeinen je nach dem Verwendungszweck der Stücke 36 bis 60 kg pro qmm bei einer Minimal-Dehnung von 20 bis 8 %, auf 200 mm gemessen, betragen.

Die Gewichtsabweichung darf je nach Konstruktion, Form und Gewicht + 10 bis 20 %, die Zugabe für Be-

arbeitung 5 bis 20 mm betragen, das Übermaß ist in der Regel nicht unter 5 mm anzunehmen.

III. Die Probestäbe.

Sie sollen in der Regel eine Versuchslänge von 200 mm bei 300 bis 500 qmm Querschnitt haben. Beträgt der Querschnitt (F) weniger als 300 qmm, so kann die Versuchslänge (L) bestimmt werden nach der Formel:

$$L = 11{,}3 \sqrt{F}.$$

Über die Versuchslänge hinaus haben die Probestäbe nach beiden Seiten noch auf je 10 mm Länge den gleichen Querschnitt.

Finden sich nach dem Zerreißen, Biegen usw. anscheinend guter Probestücke Fehlerstellen, so werden die Prüfungsergebnisse aus solchen Stücken nicht berücksichtigt, wenn sie den gestellten Anforderungen nicht genügt haben.

Geringe äußere Fehler, welche die Haltbarkeit der Gebrauchstücke nicht beeinträchtigen, sollen kein Hindernis für die Abnahme bilden. Das Wegmeißeln von Schülpen und Schalen ist gestattet.

Die Prüfung und Abnahme erfolgt in dem Werke, falls nichts anderes ausdrücklich vereinbart ist.

VI. Über die Zulässigkeit von Vorschriften, über Gußwaren-Lieferungen und die Gußprüfungen.

Gußeisen ist ein sprödes Material im Vergleich zu Schmiedeisen, und es kann ein ganz gleiches Material aus derselben Schmelzung, Mischung oder dem Gießpfannenbade ein ganz verschiedenartiges Verhalten am Gußstücke zeigen in bezug auf alle Festigkeitsarten, vorhandene Spannungen und gegen Temperaturdifferenzen. Es können die starken stoffwandigen Teile eines Gußstückes eine erheblich geringere Festigkeit haben als die dünneren Konstruktionsteile und da die stoffigen Teile länger flüssig bleiben bis zu ihrer Erstarrung als die dünneren, so haben letztere ihre Schrumpfung, welche durch den Übergang vom flüssigen

in den kalten festen Zustand bedingt wird, bereits früher vollzogen als die länger flüssig bleibenden stärkeren Konstruktionsteile, wodurch zwischen solchen Teilen große Spannungen im Materiale entstehen können, welche sich durch Risse, Sprünge, Vertiefungen durch Lunkern oft kennzeichnen, oder auch bei Temperaturdifferenzen zum Bruche führen. Selbst die Sonne kann spannungsvolle Gegenstände zum Bersten bringen. Verfasser hatte eine Riemscheibe 15 Jahre als Inventarstück im Freien lagern und ließen Kälte und Sonnenwärme dieselbe unberührt, als aber infolge baulicher Änderungen dieselbe einen sonnigen Lagerplatz erhielt, was früher nicht der Fall war, so barst sie eines Tages mit starkem Knalle auseinander. Sie konnte dieser einseitigen starken Erwärmung durch die Sonnenstrahlen nicht widerstehen. So verhält es sich mit allen Gußstücken, wenn der Konstrukteur nicht vorher Rücksicht auf diese Eigenschaften des Gußeisens, sei es durch Stoffverteilung oder Zergliederung eines Arbeitsstückes in mehrere zu verbindende Teile genommen hat. Die Güte des Materiales kommt hierbei erst in zweiter Linie in Betracht, besonders aber nicht, wenn oft unüberlegte Konstruktionsgegenstände noch mit Vorschriften für den Gießer behaftet werden. Da findet man: der Guß muß 19 kg oder mehr Zugfestigkeit pro qmm besitzen, dicht und fest sein! während die Konstruktion ein Eisen bedingte, das gar keine Spannungen nach dem Gusse annehmen dürfte, also die Anwendung von möglichst spannungsfreiem Materiale, wie beispielsweise von tiefgrauem, grobkörnigem Hämatiteisen. Dieses beste und teuerste Roheisen hat aber bei wenig Mangan und in stoffreichen Dimensionen nur 10 bis 12 kg Festigkeit und bei viel Mangan in dünneren Stärken höchstens 16 kg pro qmm. Wird dem Gießer noch vorgeschrieben, wie solches ebenfalls vorkommt, daß das Gußstück, beispielsweise neben 1,5 % Silicium noch 1 % Mangan enthalten müsse, so daß unter Berücksichtigung des Abbrandes im Kupolofen, das Roheisen fast 1,6 % Mn. bei ebensoviel Si besitzen muß, dann ist der Unsinn fertig,

denn ein derartiger Guß besitzt wohl große Festigkeit aber auch Härte und Spröde und ist vom Konstrukteur nicht allenthalben für die Schrumpfung und Ausdehnung bei Temperaturdifferenzen Sorge getragen, so kann bei jedem die Spannung erhöhenden Einflusse, wie die erwähnte Sonnenbestrahlung, das Bersten eine unabwendbare Folge sein und fragt es sich: „wer trägt den Schaden.“ In der Hauptsache doch wohl nur der Konstrukteur, denn wie viele Gießer sind befähigt, solche Spannungen zu bemessen, wenn noch dazu eine spezielle Materialgattierung vorgeschrieben ist, über welche er keine Erfahrungen besitzt oder nicht besitzen kann und in solchem Falle auch nicht nötig hat, sie besitzen zu müssen. Ausgelegte Arbeitslöhne und Unkosten müßten dem Gießer bei solchen Vorschriften mindestens vergütet werden, wenn sich die Unhaltbarkeit eines solchen Konstruktionsstückes ergeben hat. So ergeht es vielfach mit Röhrenlieferungen, welche für Dampf gebraucht und nach der Normal-Tabelle zur Lieferung vorgeschrieben werden. Werden solche Rohre vor ihrer Umhüllung gegen Wärmeverluste in Gebrauch genommen und fällt dann Regen darauf oder die Außentemperatur ist sehr gering geworden, dann fliegen sie in Stücken auseinander, wie dem Verfasser aus einer Reihe von Vorkommnissen bekannt ist. Auch Dampfzylinder statt sie mit einer Ausfütterung zu versehen — sogenanntem Hemde — sollen möglichst hart gegossen werden, damit sie trotz mühsamer Bearbeitung recht blank und poliert aussehen und für den Kolben wenigst Reibung bieten. Ist an einem solchen Zylinder der Schieberkasten und Rippwerk dazu noch mit angegossen, dann ist natürlich das frühere oder spätere Bersten derselben in abwechselnder Gebrauchstemperatur kaum eine Frage mehr. Noch kürzlich sah Verfasser einen derartigen Zylinder, er war von nur Mittelgröße und hatte es auf etwa 7 Jahre gebracht bis er riß. Aber wenn ein größerer Dampfzylinder auch eine Ausfütterung erhält, so ist für den Zylinderkörper selbst noch große Vorsicht für die Wahl des Rohmateriales

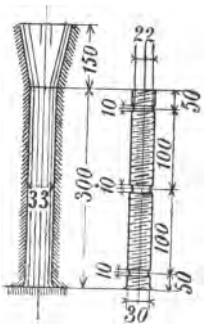
am Platze, damit die große Pressung, welche im Betriebe durch die Erwärmung entsteht und durch das Warmeinsetzen solcher Futter in den Zylindermantel ohnedies schon vorhanden ist, von einem festen aber zähen wenigst spröden Materiale aufgenommen wird; das weist wieder auf gut graue Holzkohlenroheisen oder auf die Verwendung von Hämatitmarken hin, oder doch solche Gattierungen, welche an Spannung erzeugenden und Festigkeit mindernden Stoffen arm sind. Es muß also der Phosphor- und Schwefelgehalt gering und der gebundene Kohlenstoff nicht reichlich sein, damit das Gußstück weich und grau ausfällt. Auf den Mangangehalt kommt es alsdann nicht so sehr an: es sind 1,7 % Mangan bei 2,8—3 % Silicium ganz unbedenklich im Rohmateriale, denn nach Früherem dürfte sich durch den Kupolofenprozeß der Mangangehalt um etwa 47 % der des Siliciums nur um 11 % als vermindert annehmen lassen. Es stehen also im Gußstücke 0,9 % Mn. noch 2,5—2,6 % Sil. gegenüber. Kupfer ist in weichem, grauem Gußeisen für solche Fälle absolut zu meiden, da es wie bereits früher eingehend behandelt ist, die Festigkeit ganz herabsetzen kann und Temperaturdifferenzen schlecht verträgt. Über 0,05 % sollte man meiden. Bei härterem Eisen scheint das Kupfer nicht von so bedenklicher Wirkung zu sein, da es sich alsdann mit dem Eisen legieren soll und dann einflußlos bleibt, was aber bei den körnigen und graphitreichen Marken nicht der Fall ist.

Ebenso unverständig, wie es vielfach bei den Gußlieferungen die Anforderungen sind, ergeben sich solche über die Bestimmungen der Festigkeiten. Verfasser hat bereits aus seinen vielfachen Versuchen im Kapitel über die Zugfestigkeit, Seite 83, nachgewiesen, wie ein und dasselbe Material, aus ein und demselben Eisenbade herrührend, doppelte Festigkeiten ergeben kann, je nachdem wie man die Versuchsstäbe gießt. Stäbe von 52 mm Diam. auf 22 mm bearbeitet, können eine Festigkeit F ergeben; dieselben Stäbe auf 20 mm Diam. gegossen und unbearbeitet ergeben 1,6 bis 2 F. — Stäbe gegossen von „unten auf“

können im oberen Schaft eine Festigkeit F ergeben und im unteren eine von 1,33 F. zeigen, sowie von „obenauf" gegossen eine oben und unten gleiche Festigkeit von 1,4 F. zeigen. Das Mittel aus vielfachen Versuchen ergab also die Hälfte resp. das doppelte an Festigkeit. Mehr kann man nicht wünschen! Daß das Material selbst hierbei eine große Rolle spielt, ist selbstverständlich, denn hartes, dichtes oder hellfarbiges Material zeigt solche Unterschiede weniger und Hartmaterial gar nicht. Aber gerade bei den in den Gießereien zur Verwendung kommenden gewöhnlichen Gußmarken von graphitiger aber unreiner Beschaffenheit, wie solche zu Waren aller Art benutzt werden, sind obige Erscheinungen mehr oder weniger vorhanden. Einem solchen Übelstande kann man aber nur dadurch begegnen, daß Normen festgestellt werden, wie ein Probestab hergestellt sein muß, um ein Urteil in den verschiedenartigen Materialien zu gewährleisten.

Für die Prüfung der Zugfestigkeit hält Verfasser die von ihm schon in der zweiten Auflage seiner „Kalkulation in der Eisengießerei" 1886 und weiterhin abgebildeten Gewindestäbe für die zweckmäßigsten, denn die Kopfstäbe, mit den dicken Spannköpfen oben und unten, sind deshalb ungeeignet, weil sie die Gefügebildung, vermöge ihrer Stoffmasse gegenüber dem Schafte, bis in den Schaft hinein beinflussen und weil ihre Bearbeitung selten eine ganz genaue ist; es sind Nebenspannungen schwer vermeidlich, denn bis die Bearbeitung der Köpfe und des Schaftes, besonders bei weichem Materiale, auf der Drehbank sich vollzogen hat, kann man immer wahrnehmen, daß schließlich die Kopfbrusten gegeneinander schlagen oder der Schaft dazu. Einen ganz tadellosen Stab in weichem Materiale auf der schnellaufenden Drehbank herzustellen, ist schwierig. Sodann sollten alle Versuchsstäbe aus ein und derselben Pfanne gegossen werden, ob einzel oder mehrere zusammen ist von keinem Belange, denn das Gießen der nebeneinander befindlichen Stäbe beansprucht zu wenig Zeit, als daß die Abkühlung des Pfannenmateriales

dabei in Betracht käme, im Gegenteil der Einzelguß ist ein sicherer, als der einer größeren Anzahl auf einmal; die Stäbe könnten in nur lufttrockener Form und in gewöhnlichem Formsande herzustellen sein und müßten stehend von „oben auf" gegossen werden, da auch die Gußformen von der Trichterhöhe aus meist von oben her direkt sich füllen; der Querschnitt der Stäbe müßte an den Zerreißstellen einer gewissen mittleren Stoffstärke bearbeiteter Gegenstände von etwa 22 mm entsprechen und ein nur wenig bearbeiteter sein; die Stäbe müssen unter einem gewissen Gießdrucke gegossen werden, gleichwie das bei den Gußwaren der Fall ist, mindestens entsprechend einer mittleren Sandhöhe in den Deckformkasten derselben von mindestens 150 mm. Die nebenstehende Figur zeigt einen Rohstab und einen bearbeiteten Gewindestab. Der Rohstab hat am unteren Ende etwas gebrochene Kanten, damit der Gießstrahl keine Sandkörnchen abreißen und den Stab eventuell verunreinigen kann; auch könnte man ein mit Graphit beschmiertes Eisenplättchen a) unterlegen, worauf der Eingußstrahl stürzt. Werden die Stäbe nicht in $^2/_2$ Kasten geformt, so muß das untere Ende gewölbt gestaltet werden. Der Stab hat drei Zerreißstellen und daher kann man sich über die Gleichmäßigkeit des Materiales durch die gefundenen Festigkeiten ein Bild machen.



Zur Prüfung der Biegungsfestigkeit sind allenthalben Roh-Stäbe von 25—30 mm im Quadrat bei 1,0 m Freilage üblich und ist es fraglich, ob nicht rohe Rundstäbe mit drei eingedrehten Rillen, wie solche für die Zerreißstäbe vorgeschlagen sind, ein besseres Prüfungsbild abgäben. Von den Rillen müßte eine in der Mitte sich befinden und sich davon links und rechts in einer Gesamtentfernung von 525 mm die anderen, um eine Mehrprüfung eines Stabes damit vornehmen zu können in einer Freilage

von je 500 mm. Die Probestäbe müßten sauber und schräg liegend, ansteigend, in getrockneten Formen gegossen sein, damit sich die Unreinigkeiten im flüssigen Eisen nicht auf der oberen Stabseite festsetzen und diese daselbst müllig machen können, diesen vielmehr Gelegenheit gegeben ist, in der Form aufzusteigen und im Eingusse oder im oberen Stabteile sich ansammeln zu können.

Von großem Einflusse auf die Biegungsfestigkeit ist die Form eines Prüfungsstabes. Man ist zu der Annahme geneigt, daß Stäbe aus ein und derselben Pfanne gegossen und von etwa gleicher Querschnittsfläche auch ein und dieselbe Biegungsfestigkeit zeigen müßten, und daß etwaige Differenzen sich nur durch Zufälligkeiten, wie durch abwechselnde, unterschiedliche chemische Verbindungen und daher ungleiches Gefüge, wie solche dem Kupolofenprozesse oft eigen sind, oder durch ungleiche Erstarrungszeiten, wie solche durch die Ecken und Kanten eines Quadratstabes gegenüber einem Rundstabe bedingt werden, begründen lassen. Dem ist aber nicht so! Denn es ist die Biegungsfestigkeit bei einem Rundstab um durchschnitlich ca. 40 % höher, als beim Quadratstabe. Will man daher eine vergleichsweise Biegungsfestigkeit für Gußeisen aufstellen, so müssen zur Prüfung auch Stäbe von gleichem Façon und gleicher Querschnittsfläche gewählt werden. Daß Stäbe von kleinen Querschnittsformen, gleichwie bei der Zugfestigkeit, so auch der Biegungsfestigkeit, infolge ihres dichteren Gefüges, die sie durch die rasche Abkühlung nach ihrem Gusse erhalten, eine damit wachsende Festigkeit besitzen, ist begreiflich. Diese kann eine um 50 % und mehr größere sein, als von gleichen Stäben, gleichen Materiales aber von größerer Querschnittsfläche und daher grobkörnigem Gefüge.

Die Druckfestigkeit ist von geringer Bedeutung, da sie beim Gußeisen ohnehin sehr groß ist und mit der Zugfestigkeit, mit dem Gefüge des Materiales in analoger Beziehung steht. Wo sie meist in Frage kommt, wie bei Tragsäulen, bedingen andere Rücksichten, wie die gegen

Feuersgefahr, ein Material, das dem Wasser, mithin einer größeren Temperaturdifferenz, am besten widerstehen kann. Das sind aber gerade solche Materialien, die wenig „druckfest" sind, wie die Gießerei Hämatite.

Die chemischen Aufklärungen eines Materiales durch seine Analyse kann häufig von Erfolg sein, denn die Durchbiegung eines Stabes, die Aufschluß über dessen Zähigkeit gegenüber einem Materiale von gleichem Façon und in gleicher Stoffmasse gewährleistet, gleichwie auch die Zugfestigkeit, sind noch nicht von aufschließender Natur darüber, ob das zu einem Gußstücke verwendete Material seinen Anforderungen entspricht. Es kann ein Material „best" sein und nur geringe Festigkeiten besitzen; es kann ganz „ungeeignet" sein, und befriedigende oder hohe Festigkeiten zeigen; das Eisen kann auch einen ganz schlechten Charakter haben. Die Stoffe, die dem Gußeisen eigentümliche sind, bilden im allgemeinen dessen Charakter und erst aus diesem Aufschlusse läßt sich neben den Festigkeitsversuchen ein Bild darüber gewinnen, ob in der Anwendung einer bestimmten Gattierung gegenüber den Anforderungen an dieselbe ein Mißgriff erfolgt ist oder nicht. Bestimmungen aber, wonach dem Gießer die Festigkeiten und Analysen vorgeschrieben werden, sind unzulässig.

Es ist im letzteren Falle zu berücksichtigen, daß es auch besondere Eisenmarken — Spezialmarken — gibt, deren Eigenschaften sich nicht durch die allgemeinen Analysen nachweisen lassen oder daraus hervorgehen. Besondere Erzeugungsmethoden und Schmelzverfahren, besondere nicht durch eine Analyse gekennzeichnete Stoffverbindungen usw. bilden auch einen besonderen Charakter.

Die Schlagfestigkeit eines Gußeisens, beispielsweise eines Stabes von 25—35 mm im Quadrat oder Durchmesser, bei einer gewissen freien Auflage von 500 mm, wird in Kilogrammetern (kgm) ausgedrückt: durch die Anzahl (a) der Schläge, die ein Fallbär von einem bestimmten Gewichte (g) in Kilogramm bei seiner Fallhöhe in Metern (m) zu seinem Bruche benötigt. Mithin ist

die Schlagfestigkeit eines Stabes = a. g. m. Meterkilogramm. Stäbe von gleichem Façon und gleichen Querschnittsflächen lassen bei gleicher Freilage dadurch eine Prüfung ihrer physikalischen Eigenschaften und ihres Güteverhältnisses zu, wie man gemeinhin annimmt.

Zu einer wirklichen Kenntnis der Eigenschaften führt die Schlagprobe indessen nicht, wie dieses insbesondere durch die Versuche von Reusch außer Zweifel gestellt ist. Bisher nahm man an, daß mit der Biegungs- wie auch der Zugfestigkeit, weil diese in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis zueinander stehen, auch die Schlagfestigkeit wachse. Das ist aber nur ganz bedingungsweise der Fall; es kann ein hartes Eisen große Biegungs- und Zugfestigkeit zeigen, dabei aber sehr spröde sein, mithin nur geringe Schlagfestigkeit besitzen; es kann auch ein Eisen sehr weich oder phosphorhaltig sein, dabei eine genügende Zugfestigkeit, von 10—11 kg pro qmm ergeben, wie solche diesen Eisen eigen ist, und eine so geringe Schlagfestigkeit, daß diese außer allem Verhältnisse zur Zug- und Biegungsfähigkeit steht.

Es fand Reusch[1]) in 20 getrennten Versuchen mit je vier Probestäben von 45 mm Diam. bei 400 mm Freilage, die aus ein und derselben Pfanne und Schmelzung herrührten, die Schlagfestigkeit bei einer Biegungsfestigkeit der Stäbe desselben Prüfungsmaterials von 30 × 30 im Quadrat und bei 1,0 m Freilage, für:

Biegungsfestigk. ca.	26—29	29—34	38—44	kg pro qmm verschied. Schmelzen
Schlagfestigkeit „	15—74	15—269	109—511	Meterkilogramm
Differenzen in kgm	15—30,34—74	15—178,50—269	109—269;251—511	in Stäben ein. Pfanne

Hieraus geht hervor, daß die Schlagversuche zur Begründung der physikalischen Eigenschaften des Gußeisens nicht geeignet sind, denn die Stäbe aus ein und derselben Pfanne und von derselben Schmelzung zeigen Differenzen von im Mittel über 100 % ihrer Schlagfestig-

[1]) Korrespondenz des Vereins deutscher Eisengießereien, Oktober 1903. (Vereinssekretariat: Elberfeld.)

keit. Man kann wohl annehmen, daß die Stoffverbindungen im gewöhnlichen Gußeisenmateriale nicht so chemisch absolut gleichmäßig verbunden vorkommen, wie es eine derartige Prüfung voraussetzt. Hat Verfasser doch bei Bessemer Schienenmaterial, also homogenem Stahle, Festigkeiten in Zerreißstäben gefunden, deren Zerreißstellen nur wenige Zentimeter in einem und demselben Stabe von einander entfernt lagen, von 78 und 61 kg pro qmm. Beim Gußeisen sind solche Vorkommnisse keine Ausnahmen wie hier, sondern schon mehr Regel, sofern es sich nur um gewöhnlich gutes Material, nicht hart und nicht von Spezialqualität handelt. Aber auch Gußeisen von gleicher Zusammensetzung, gleicher Analyse, zeigen häufig große Abweichungen in ihren Festigkeiten und in ihrem physikalischen Verhalten und es können daher Normen für die Güte eines Materiales nur in weiten Grenzen und auch nur für bestimmte Zwecke aufgestellt und inne gehalten werden. Man müßte solche Normen für: Bauguß, Maschinenguß, Spezialguß für Weichheit oder Härte und für Hartguß getrennt aufstellen und beispielsweise zum Bauguß den Röhrenguß und zum Spezialguß den Zylinderguß etc. rechnen; der Fein- und Potterieguß könnte unberücksichtigt bleiben.

Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, lassen sich die großen Abweichungen des Gußeisens in seinem Verhalten, selbst für ein und dasselbe Gattierungsmaterial, nicht ohne weiteres begründen, wenn diese Abweichungen größere sind, als solche sich durch verschiedenartige Schmelzverfahren, dicke oder dünne Wandstärken, trockene oder feuchte Gußform, stehenden Guß, gießen von „oben auf“ oder „unten auf“ begründen ließe, und gibt auch die Analyse alsdann keinen Aufschluß darüber. Man muß daher annehmen, daß jeder Roheisenmarke ein bestimmter „Charakter“ eigen ist, der im Kupolofenprozesse und durch Gattierungen verändert werden kann oder auch nicht.

Man kann das verschiedenartige Verhalten des Gußeisens mit dem menschlichen Charakter vergleichen, der so

überaus verschieden sein kann, während seine Träger doch aus ein und denselben Stoffen bestehen. Der verstorbene Maschinenmeister Lichthard der früheren Köln—Mindener Bahn in Dortmund beschäftigte sich in den 70er Jahren sehr viel mit Materialprüfungen um Normen dafür aufstellen zu können. Er äußerte ums Jahr 1881 zum Verfasser:

„Nun Sie beschäftigen sich jetzt auch mit Gußeisen und seinen Eigenschaften! Ich habe darin große Erfahrungen gemacht und sage Ihnen als älterer Herr: Wenn Sie noch nicht verrückt sind, wollen es aber werden, dann beschäftigen Sie sich recht viel weiterhin damit."

Das war die Ansicht älterer Forscher und sie ist auch heute noch in gewissem Sinne maßgebend. Die Ursachen des Charakters verschiedener Gußmaterialien zu erforschen, dürfte eine große Errungenschaft sein.

Das Arbeitsvermögen des Gußeisens, das ist die mechanische Arbeit in Kilogrammetern (kgm), die das Zerreißen eines Stabes auf ein Kubikzentimeter seiner ursprünglichen Stabmasse erfordert. Es betrug nach den Versuchen von C. Bach[1]) für ein Gußeisen von 16,81 kg Zugfestigkeit pro qmm = 0,092 und von 25,35 kg Zugfestigkeit = 0,120, Dagegen ergaben sich für Flußeisen 6,76, für Stahlguß 8,2—8,6 und für Bronze 1,15—2,54.

Es zeigte sich das Arbeitsvermögen des Gußeisens durch die Zugversuche durchschnittlich etwa in gleichem Verhältnisse wachsend wie dessen Zugfestigkeit.

Wollte man noch das „Arbeitsvermögen" des Gußeisens in die „Normen" für Gußlieferung einbeziehen, so würde dasselbe für die Beurteilung zu den verschiedenen Verwendungszwecken nicht angänglich sein und noch geringwertigere Ergebnisse liefern als die Schlagversuche, denn alsdann würde das „beste" Roheisen, das Hämatit, das nur 16 kg Zugfestigkeit erreicht und dabei für alle denkbaren Verwendungszwecke das vorzüglichste Koksroheisen ist, das dargestellt wird, infolge seiner hervorragenden

[1]) Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1900.

Eigenschaften, da es: wenig oder gar nicht schrumpft, keine Spannungen annimmt infolge seiner Reinheit an Fremdkörpern, gegen Temperatureinflüsse unempfindlich ist, nicht reißt und springt, zäh und bearbeitsam ist und sich dichter, porenfreier und gleichmäßiger im Gefüge gießt als andere Sorten — das geringste Arbeitsvermögen zeigen, da seine Dehnung beim Bruche keine höhere ist, als bei anderen Koksroheisen auch. Man kann demnach für das Arbeitsvermögen gleich wie für die Schlagversuche, sofern die Güte eines Gußeisens daraus begründet werden soll, nur folgern, daß das Gußeisen zu solchen Zwecken kein geeignetes Material ist.

VII. Chemisches und Physikalisches.

I. Grundbegriffe.

Basen sind chemische Verbindungen, die mit Säuren Salze bilden.

Säuren sind wasserstoffhaltige chemische Verbindungen, die mit Basen Salze bilden.

Wärmeeinheit oder Kalorie ist die Wärmemenge, die ein bestimmmtes Quantum Wasser von 0^0 um 1^0 C. zu erwärmen vermag.

Große oder Kilogramm-Kalorie = 1 WE. ist die Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 kg Wasser von 0^0 um 1^0 C. zu erwärmen, was einer Arbeit von 428 Meterkilogramm entspricht. Diese Arbeit heißt das das „mechanische“ Äquivalent der Wärmeeinheit.

Kleine oder Gramm-Kalorie = 1 g WE. ist die Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 g Wasser von 0^0 um 1^0 C. zu erwärmen.

Spezifisches Gewicht der Körper ist eine Zahl, die angibt, wievielmal ein Körper von 0^0 C. schwerer ist als ein gleiches Volumen Wasser von $+ 4^0$ C. Man findet das spezifische Gewicht eines Körpers, indem man sein absolutes Gewicht durch das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser divdiert.

Spezifisches Gewicht eines Gases ist die Zahl, die angibt, wievielmal ein Gas so schwer ist als das gleiche Volumen Luft unter Zugrundelegung von 0° C und 760 mm Barometerdruck.

Dichte ist die Masse eines Körpers in der Volumeneinheit bei 0° C. Man nimmt als „Einheit der Masse" das Gewicht von 1 cdm Wasser von 4° C, das 1 kg beträgt. Für feste und flüssige Körper ist deren Dichte = deren spezifischen Gewichten.

Für Gase hat man als „Einheit" = 1 das Volumen von 1 cdm Luft von 0° C. und 760 mm Barometerdruck (Quecksilberdruck) gewählt, das 1,293 g beträgt. Da hier ein Volumen die Einheit bildet, so ist deren Dichte nicht deren spezifischen Gewichten gleich.

Dichte und Gewicht gasförmiger Stoffe
bei 0° und 76 cm Quecksilberdruck.

Gase	Dichte gr. pro l.	Spez. Gewicht	Gase	Dichte gr. pro l.	Spez. Gewicht
Atm. Luft	1,2940	1,000	Kohlensäure	1,978	1,529
Wasserstoff	0,0896	0,0693	Wasserdpf. (100°)	0,806	0,623
Sauerstoff	1,4290	1,1056	Steinkohlengase	0,520	0,400
Stickstoff	1,2569	0,9714	Wassergas	0,650	0,500
Kohlenoxyd	1,2510	0,9673	Generatorgas	1,290	1,000

Spezifische Wärme ist die Wärmemenge (in WE.), die ein Kilo eines Körpers um 1° C. erwärmt.

Man kann die spezifische Wärme zwischen 0° und 100° konstant betrachten. Bei höheren Temperaturen steigt die spezifische Wärme beträchtlich.

Spezifische Wärme zwischen 0° und 100° C.						von 0–300°	von 0–1450°
Aluminium	0,212	Wasser[1])	1,022	Stahl, weich	0,116	0,126	0,211
Antimon	0,049	Schwefel a.	0,184	„ hart	0,118	—	0,215
Blei, Gold	0,031	Eis	0,504	Eisen	0,114	0,132	—
Kupfer	0,093	Holzkohle	0,241	Roheisen, weiß	0,117	—	0,217
Silber	0,056	Koks	0,203	Hämatit	0,128	0,140	0,226
Zink	0,094	Graphit	0,196	Coltneß	0,126	—	0,219
Zinn	0,056	Diamant	0,146	Asche, Schlack.	—	—	0,200

[1]) Wird in technischen Rechnungen als Mittel angenommen.

Spezifische Wärme von Gasen bei konst. Druck. Wasser = 1.

Atm. Luft	0,2370	Kohlenoxyd	0,2479	Wasserstoff	3,4046
Sauerstoff	0,2180	Kohlensäure	0,2164	Wasserdampf	0,4750
Stickstoff	0,2440	Schwefl. Säure	0,1553	Verbrennggs.	0,2380

Gebundene oder latente Wärme ist die Wärmemenge, die 1 kg Substanz zugeführt werden muß, um deren Aggregatzustand aufzuheben, ohne deren Temperatur dabei zu ändern. Diese Menge wird nur zur inneren Arbeit der Moleküle verbraucht zur Aufhebung ihrer Verbindungskräfte und verschwindet dabei, weßhalb man sie als „latent" oder „gebunden", und speziell bei dem Übergang fester Körper in den flüssigen Zustand als „Schmelzwärme" bei dem Übergang flüssiger Körper in den gasförmigen als „Verdampfungswärme" bezeichnet.

Schmelzwärme.

Blei	5,40	Schwefel	9,4	Hochofenschl.	50,0
Zinn	14,60	Wismut	12,6	Gußeis., grau	23,0
Kupfer	30,00	Silber	24,7	„ weiß	33,0
Phosphor	5,0	Zink	28,1	Wasser (Schnee)	80,0

Verdampfungswärme.

Wasser	537	Äther	90	Essigsäure	97
Schwefel	362	Quecksilber	62	Ameisensäure	112
Alkohol	210	Benzol	94	Schwefl. Säure	95

Mithin gibt: 1 kg Schnee von 0^0 C. mit 1 kg Wasser von 80^0 C. gemischt, = 2 kg Wasser von 0^0 C.

Ferner sind 1 kg Wasser von 100^0 noch 537 WE. zuzuführen, um dasselbe in Dampf von 100^0 zu verwandeln.

Schmelzpunkt ist die Temperatur, die ein Körper besitzt, wenn er aus dem festen in den flüssigen Zustand übergeht.

Schmelzpunkte in Graden Celsius.

Eis, Wasser	0	Kadmium	315	Natrium	96	Gußstahl	1400
Aluminium	600	Kalium	62	Platin	1800	Schmiedeis.	1550
Antimon	430	Kupfer	1050	Quecksilber	39,5	Roheis., weiß	1100
Blei	326	Magnesium	750	Wismut	260	,, grau	1200
Gold	1045	Nickel	1450	Zink	412	Flußeisen	1400
Silber	954	Schwefel	115	Zinn	230	Messing, Brz.	950

Der Gefrierpunkt von Leinöl ist — 20 und von abs. Alkohol — 100° C. — Siedepunkt ist die Temperatur, die ein flüssiger Körper besitzt, wenn er in den gasförmigen Zustand übergeht.

Siedepunkt in Graden Celsius.

Wasser	100	Quecksilber	357	Fl. Kohlens.	—79
Äther	35	Schwefel	447	Naphtalin	218
Alkohol	78	Zink	940	Benzol	90

Affinität ist eine Kraft, mit der sich zwei Stoffe zu einer chemischen Verbindung zu vereinigen streben, im Gegensatz der Anziehung von Massen aufeinander.

Energie ist die Fähigkeit zur Leistung von Arbeit. Man unterscheidet: Mechanische-, Wärme-, Licht-, Elektrische- und Chemische-Energie. Verschwindet die Energie in einer dieser Formen, so verwandelt sie sich dabei in eine der anderen. So entsteht aus chemischer Energie bei der Verbrennung Wärme. Alle Materie ist mit Energie behaftet. Die Energie wird bestimmt durch das Maß von Arbeit, das erforderlich ist, um 1 kg auf die Höhe von 1,0 m zu heben, was ein Kilogrammeter (kgm) genannt wird.

Verbrennungswärme ist die Wärmemenge, in Kalorien ausgedrückt, die bei der chemischen Vereinigung von Stoffen mit Sauerstoff frei wird. Man hat dafür gefunden an absolutem Heizeffekte bei der Verbrennung von:

1 kg.	Kalor.	1 kg	Kalor.	1 kg	Kalor.
Wasserstoff, flüss.	34180	Leuchtgas	12000	Zink zu ZnO	1301
Kohlenst. Holzk.	8080	Aluminium	7140	Zinn	1147
zu Graph.	7797	Mangan	6077	Kupfer zu CuO	683
K. Säure Diam.	7859	Silicium	7830	Blei	266
Kohlenst. zu		Schwefel	2221	Wismut	95
Kohlen-Oxyd	2473	Eisen zu Fe_2O_3	1887	Natrium	3293
Kohl. Oxyd. zu		Arsen	1030	Benzol	9915
Kohlen-Säure	2403	Silber	27	Wachs	9000

Die Luft.

Trockene Luft besteht dem Gewichte nach aus:

75,95 % Stickstoff = 78,40 Raumtheilen
23,10 % Sauerstoff = 20,94 „
0,90 % Argon = 0,63 „
0,05 % Kohlensäure etc. = 0,03 „

Die Stoffe der Luft sind chemisch nicht gebunden.

Wasser-Dampf.

Temperatur und Gewicht des gesättigten Wasserdampfes.

Druck in Atm.	1	2	4	6	8	10
Temperatur, Cels.	100	121	145	160	172	182
Gewicht: 1 cbm = kg	0,589	1,116	2,101	3,044	3,941	4,817
Volum.: 1 kg = cbm	1,696	0,896	0,476	0,328	0,254	0,208

Der Atmosphärendruck beträgt im Mittel = 760 mm Quecksilbersäule oder 1,0333 kg pro qcm = 10,333 m Wassersäule.

Man rechnet auch mit einer „neuen“ oder „metrischen“ Atmosphäre, indem man 1 Atmosphärendruck = 1 kg pro qcm = 735,51 mm Quecksilber-Säule = 10 m Wassersäule setzt = 0,9678 alte Atmosphäre.

Die „latente“ Wärme des Wasserdampfes bei 1 Atmosphäre beträgt 537 (536,5) Kalorien; es hat dieser Dampf von 100° C. daher 537 + 100 = 637 Kalorien in sich aufgenommen. Bei 10 Atmosphären ergeben sich an Kalorien 662 und es betrug die latente Wärme dazu nur

662 — 182 = 480 Wärme-Einheiten; sie nimmt also mit dem Drucke ab.

Wärmeleitungsvermögen.

Verhältniszahlen.

Gold	1000	Kupfer	898	Zinn	236	Eingeschl. Luft	0,56
Platin	981	Eisen	374	Blei	180	Wolle, Papier	0,6—0,8
Silber	973	Messing	490	Graphit	70	Holzasche, Filz	

Wasser leitet 95 mal schlechter als Kupfer, sehr schlecht leiten Gase, besonders die Luft. Die ruhende Luft macht Stroh, Wolle und alle lockeren Körper zu schlechten Wärmeleitern.

Pferdestärke ist der Ausdruck für eine Leistung und entspricht 1 Pferdekraft (PS) = 75 mkg pro Sekunde, das ist eine Kraftäußerung, die in einer Sekunde 75 kg auf die Höhe von 1 m zu heben vermag oder auch 1 kg auf 75 m Höhe. Es ist noch 1 Pferdest. = 735,46 Watt.

Das „mechanische Wärmeäquivalent" beträgt 428 mkg und daher entspricht die Leistung von 1 Pferdestärke in der Stunde $\frac{3600 \cdot 75}{428} = 630$ Wärmeeinheiten (Kal.).

Im Mittel gebrauchen Dampfmaschinen pro Pferdestärke und Stunde 7,5 kg Kesselwasser, wozu 1 kg guter Kohle mit einem Heizwerte von 7500 Kalorien erforderlich ist. Es sind also darin vorhanden $\frac{7500}{630}$ = ca. 12 Pferdestärken. Die Ausnützung der in der Kohle vorhandenen Wärme beträgt daher 1 : 12 oder 8,3 %.

Festigkeitsbegriffe.

Dehnung. Wird ein Körper von der ursprünglichen Länge L durch eine Last um ein Längenstückchen l verlängert, so bezeichnet der Ausdruck $\frac{l}{L}$ dessen Dehnung und $100 \cdot \frac{l}{L}$ die Prozente der ursprünglichen Länge. —

Querschnittsminderung, Kontraktion, ist die Verringerung der Querschnittsfläche durch eine Last. Bezeichnet F die ursprüngliche Fläche eines Stabes, und f diejenige, die infolge der angehängten Last entstanden ist, so bezeichnet man mit $\frac{F-f}{F}$ dessen Kontraktion. Diesen Wert mit 100 multipliziert, gibt die Kontraktion in Prozenten des ursprünglichen Querschnittes. Dehnungskoeffizient ist das Verhältnis eines Körpers, das durch dessen Dehnung, dividiert durch die Kraft pro Flächeneinheit (Spannung), die diese Dehnung erzeugt, ausgedrückt und mit $\frac{1}{E}$ bezeichnet wird. In cm und kg bezeichnet der Koeffizient die Verlängerung eines Stabes in cm, die ein Stab von 1 cm Länge und 1 qcm Querschnitt durch 1 kg Last oder Spannung erfährt.

Elastizitätsmodul (E) heißt das umgekehrte Verhältnis des Dehnungskoeffizienten, mithin ist $E = \frac{\text{Spannung}}{\text{Dehnung}}$.

Wärme-Ausdehnungskoeffizient eines festen Körpers ist dessen Verlängerung auf die Längeneinheit bei einem Grad Temperatur-Erhöhung und entspricht daher dem Dehnungskoeffizienten.

Proportionalitätsgrenze kennzeichnet die Grenze bis zu welcher die Dehnungen eines festen Körpers mit den Spannungen proportional wachsen.

Streck- und Fließgrenze ist die oberhalb der Proportional-Grenze liegende Spannung bei der Dehnungen, nicht mehr den Spannungen proportional und nicht mehr federnd eintreten, sondern dauernd bleiben, ohne daß eine Zerstörung des Materiales eintritt.

Federung eines Materiales bezeichnet den Rest einer Verlängerung oder Verkürzung infolge von Belastung, der bei einer Entlastung verbleibt, indem das Material nicht mehr auf seinen ursprünglichen Zustand zurückgeht.

Elastizitätsgrenze (Trag-Druck-Modul) ist die Grenz-Spannung innerhalb der ein Material durch Lasten eine

diesen Lasten entsprechende kleine proportionale Federung erleidet, mithin bei der Entlastung die gesamte Dehnung wieder ganz oder fast ganz verschwindet.

Quetschgrenze = der Fließgrenze für Druckspannung.

Druck- und Zugfestigkeit ist die Spannung, bei der ein Körper zerstört wird; daher auch Bruchmodul genannt.

Schub-Biegungs-Drehfestigkeit bezeichnen die Spannungen für die Materialzerstörung durch diese Inanspruchnahme.

Proportionalgrenze der Federung ist die Grenze, innerhalb der die Federungen eines Materiales proportional den Lasten bleiben. Nach Bach zeigte Schweißeisen von ca. 35 kg Zugfestigkeit pro qmm, bei ca. 20 kg die Streckgrenze und ca. 13 kg die Proportionalgrenze der Federung (Elastizitätsgrenze).

II. Roheisen-Gießwärme.

Dieselbe besteht in ihrer einzelnen Gliederung in:

1. der Wärmeaufnahme des Eisens bis zum Schmelzpunkt,
2. der Schmelzwärme = latenten Wärme,
3. der Überhitzung des Eisens um es dünn- und gießflüssig zu erhalten.

Bei Roheisen von 3 % Kohlenstoff und 2 % Silicium hat man folgende Wärmeeinheiten (Kal.) dafür ermittelt:

Beim Einlauf aus dem Ofen in die Pfanne 292 Kal.
Beim Teigigwerden durch Abkühlung . . 255 Kal.
Am Ende der Teigwerdung . . . . . 225 Kal.

sowie auch nach der Umschmelzung im Kupolofen für graues Eisen wie für heiß geschmolzenes weißes Eisen im Mittel nur 275 Kalorien. — Für weißes und Spiegeleisen nimmt man sonst im Mittel nur 260 Wärme-Einheiten an. — Für das zu Gießereizwecken gebräuchliche Roheisen und dessen Gattierungen nimmt man im allgemeinen für deren beginnende Flüßigkeit die Temperatur von 1150 C. an sowie, daß dieselbe für die völlige Flüssigkeit mindestens 100° höher liegt. Man rechnet noch für die spezifische Wärme des Gußeisens bei 1150° C. = 0,20 und die la-

tente Wärme, welche ohne Erhöhung der Temperatur dem teigigen Eisen noch zugeführt werden muß, um es flüssig zu machen, soll im Mittel ca. 25 Wärmeeinheiten betragen. Demnach erhält man an Wärmezufuhr insgesamt:

Für $(1150^0 + 100^0)$ 0,20 = 250 Wärme-Einheiten + 25 = 275 Wärmeeinheiten.

Für die Abkühlung des Eisenbades während der Gießzeit, sowie insbesondere für die Herstellung dünner Gußstücke — Poterie, Feinguß — ist aber eine gewisse Überhitzung des Eisens erforderlich, für welche man im letzteren Falle bis 50 Wärmeeinheiten rechnen kann. Bei den früheren älteren Öfen mit erheblicher Kohlenoxydgasbildung hat man stets 2 % — 2 kg Koks pro 100 kg Roheisen an Mehrverbrauch für den Potergeguß angenommen. Da solche Öfen fast ebensoviel Säure- wie Oxydgas entwickelten, so betrug die Wärmezufuhr aus der Verbrennung pro Kilo Koks, abzüglich für Asche und Abgänge: $\frac{7000 + 2100}{2}$ = 4550 Wärmeeinheiten oder für 2 kg Koks und pro kg Roheisen $\frac{4550 \cdot 2}{100}$ = 91,0 Wärmeeinheiten. Nimmt man für solche Fälle auch eine übergroße Koksverschwendung an — einen gewissen Betriebsverlust — da die Kohlenoxydbildung, die der Säurebildung meist noch überwog, und einen Verlust durch die Flüssigmachung der aus dem Kokse sich ergebenden größeren Schlackenmenge an, so wird man doch mit dem Mehraufwand für die jetzt gebräuchlichen besseren Öfen statt 91 mit 50 Wärmeeinheiten, wie angegeben, rechnen müssen. Man muß demnach für starkwandige Gußstücke den Wärmeaufwand auf 275 Wärmeeinheiten pro Kilo Roheisen und für Feinguß auf 325 Wärmeeinheiten als Mittelzahlen veranschlagen.

Wenn man wahrnimmt, mit welchen geringfügigen Zusatzmengen, von z. B. Titan, man die Temperatur eines Eisenbades längere Zeit erstaunlich erhöhen und das Bad flüssiger machen kann, infolge der dabei stattfindenden Reaktionen zwischen den im Eisen gelösten Gasen, so muß

man zu dem Glauben kommen, daß der Grad einer Überhitzung des Roheisens demselben individuell sein dürfte und nur aus der Erfahrung für ein bestimmtes Roheisen oder eine Gattierung genau gewonnen werden kann.

Zur Bildung von 1 kg Kupolofenschlacke hat man etwa 750 Wärmeeinheiten ermittelt, wovon ein großer Teil auf die Lösung der chemischen Verbindungen zu setzen ist, denn infolge der Erhitzung könnte diese Schlacke bei 0,2 ihrer spezifischen Wärme und 1450° Temperatur nur $1450 \times 0{,}2 = 290$ Wärmeeinheiten gebunden haben, wofür man aus Versuchen ca. 336 Wärmeeinheiten ermittelte. Für strengflüssige Hochofenschlacke hat man 450 Wärmeeinheiten ermittelt.

III. Über das Ausglühen.

Dasselbe ermöglicht eine gleichmäßigere Verteilung der chemischen Verbindungen im Eisen- wie im Stahlguß, daher die Gußstücke an Sprödigkeit einbüßen oder dieselbe ganz verlieren können, mithin weicher werden. Als Hauptursache betrachtet man die Umwandlung der Härtungskohle in Karbidkohle und weiterhin in Temperkohle, ein dem Graphit ähnliches, pulveriges Produkt, das zwischen den einzelnen Eisenteilchen sich ablagert. Durch eine zweckentsprechende Glühung nnd Stoffwandlung entsteht eine gleichmäßige Gefügebildung, dadurch wird die Festigkeit und damit zusammenhängend die Dehnung und Kontraktion oft wesentlich in den Glühstücken erhöht. Erfolgt nach einer Ausglühung eine plötzliche Abkühlung, so können sich die Festigkeitsziffern weiter erhöhen, jedoch es steigert sich dann auch die Spröde und die Dehnung wird eine geringere.

Wird ein Glühprozeß auf lange Zeit fortgesetzt, so lösen sich außer dem Kohlenstoff nach und nach auch die übrigen Verbindungen des Eisens, wandern nach der Oberfläche und verbinden sich mit der umgebenden Luft und den Feuergasen zu Schlacken, so daß je nach der Art der Beeinflussung und deren Zeitdauer das Innere von Gußstücken nur noch aus einem pulverigen Gemische mit

Eisenpartikelchen bestehen kann, das ganz mürbe, weich und unelastisch ist und sich mit dem Messer schneiden läßt gleich einem harten Bleistifte, oder sich, wie bei hartem Gußeisen, dem Temperguß, in schmiedbaren Guß umbilden kann.

Verfasser hat eine große Anzahl schußfeste Bessemer Bleche verarbeitet,, in denen häufig neben weichen Stellen sehr harte vorkamen, die man mit einer Kugel glatt wie Glas durchschießen konnte. Wurden solche Bleche einem Glühprozesse unterworfen, dann waren sie fehlerfrei und die Kugeln erzeugten nur noch große Beulen. Fragt man sich, wie dieses Vorkommnis möglich war, da doch das Walzgut vorher flüssig gewesen ist und unter großer Hitze im Konverter verarbeitet wurde, danach vergossen und nach der Erkaltung wieder erhitzt erst zur Walzung gelangte, so kann man nur annehmen, daß das niedergeschmolzene, flüssige Gattierungsmaterial sich nicht vollständig gemischt und seine chemischen Verbindungen untereinander nicht ausgeglichen hatte, was sich nachträglich durch den Glühprozeß in der Weise vollzog, daß die Härte und Spannungen erzeugenden, ungleichen Kohlenstoffverbindungen sich lösten, ausglichen oder vergasten. Unter Umständen kann bei jedem Niederschmelzen von Roheisen mit Eisen, Stahl oder sonstigen Gattierungen eine schlechte Mischung derselben eintreten und liefert nur gleichmäßiges Rohmaterial mit Sicherheit auch ein gleichartiges Schmelzprodukt. Es können mithin die chemischen Verbindungen gewisser Roheisensorten so große sein, daß die Wirkung des Wärmeaufwandes, der beim Schmelzprozeß zu ihrer Zerstörung aufgewandt wurde, nicht genügt.

Eine Hauptrolle spielt der Glühprozeß beim Formstahlguß und insbesondere bei dem Temperguß, für den die aus dem Kupolofen erzeugten Gußeisenwaren einem Glühprozesse — einer Temperung — unterworfen werden, wodurch das Gußeisen alle seine Eigenschaften einbüßt und dem Schmiedeisen mehr oder weniger ähnlich wird.

Über die Wirkung gewöhnlichen Ausglühens geben folgende Ergebnisse Aufschluß:

Forquignon fand in Holzkohlenroheisen für schmiedbaren Guß:

Vor dem Glühen:	3,27 %	geb. Kohlenstoff	0 % Graphit
Nach 144 Stunden in Holzkohlen geglüht:	1,59 %	„ „	1,69 % Temperkohle

Desgleichen für einen Eisenstab in Sand geglüht:

Vor dem Glühen:	2,99 %	geb. Kohlenstoff	0 % Graphit
Nach 144 Stund. Glühzeit	1,00 %	„ „	0,50 % Temperkohle

Nach Ledebur sollen sich nur die gebundenen Kohlenstoffarten durch das Glühen in Temperkohle umwandeln können und weiterhin diese oxydieren oder in den Brennstoffgasen verflüchtigen; dagegen soll der Graphit widerstandsfähig bleiben. Demnach kann sämtlicher Kohlenstoff mit Ausnahme des Graphits aussaigern; es folgen danach das Silicium in erheblicher Weise, dann das Mangan in geringerem Maße, der Phosphor bleibt erhalten, dagegen der Schwefel stets zunimmt, je nachdem wie er in dem Brennstoffe enthalten ist, da sich schwefliche Säure bildet, die das glühende Eisen in Schwefeleisen umbildet.

Daß der Graphit im Eisen oder überhaupt widerstandsfähig bleibt, trifft aber nicht oder doch nur bedingungsweise zu. Verfasser hat Seite 155 unter „Formschwärze" ein Beispiel angeführt, wo sich die Graphitschwärze in den vier Ecken eines Gußstückes bei 150 mm Wandstärke daselbst, infolge der lang andauernden Berührung derselben mit dem flüssigen Eisen bis zu seiner Erkaltung, vollständig gelöst hatte und an ihrer ursprünglichen Stelle sich eiserne Splitter vorfanden, lose und ohne jeglichen Zusammenhang mit dem gegossenen Formstücke. Nur die Pinselstriche der Schwärze mit denen sie auf den Kern aufgestrichen war, waren beiderseitig auf den Eisensplittern genauest sichtbar geblieben, und das Gußstück da, wo die Umwandelung der Schwärze — des Graphites — erfolgt war, tadellos glatt und sauber. Die ursprüngliche Graphitmasse der Schwärze war also ausgewandert. Die Schwärze war in einer Stärke von 3 mm auf den Formkern aufgetragen

und die an ihrer Stelle gefundenen Eisenstücke hatten ebenfalls diese Stärke. Diese Gußsplitter enthielten:

2,63 % Silicilium — 0,26 % Phospor — 92,32 % Eisen.

Die verwendete Graphitschwärze hatte nicht über 50 % Kohlenstoff, denn sie war aus dem in den Gießereien üblichen, billigen Gießerei-Graphit hergestellt. Mit der Abnahme der Stoffmassen verlief der Angriff des flüssigen Eisens auf die Schwärze derart, daß die in Eisen verwandelte Graphitschale sich messerscharf nach allen Richtungen dahin verlor, wo die Stoffmassen von 150 mm abnahmen; bei etwa 130 mm Stoffstärken war der Graphit nicht mehr in Lösung übergegangen. Nach den Versuchen von Dr. Wüst[1]) zeigte ein Tempertopf:

Probe	Ges. C.	Graphit	Silicil.	Mangan	Phosph.	Schwef.	Total
Vor dem Glühen	3,74	3,33	1,59	0,63	0,089	0,090	9,469
Nach 11maligem Glühen	0,28	0,13	1,45	0,56	0,062	0,315	2,797

Daraus ist ersichtlich, daß der Graphit im Temperofen bei 1000 bis 1050° C. fast ganz vergaste und bei längerem Glühen sich vollständig vergast haben würde.

Jede Erwärmung, Glühung ist mit einer Aufblähung, mit einer Vergrößerung des ursprünglichen Volumens oder einer Verlängerung verknüpft. Daraus folgt, daß die ursprüngliche Festigkeit eines Materiales, insbesondere des Gußeisens, eine Einbuße erleiden muß, und wenn dennoch größere Festigkeit und besonders Elastizität durch den Glühprozeß bewirkt werden sollen, derselbe auch an eine gewisse Glühzeit wie auch an die Art des Brennmateriales geknüpft ist, und mit großem Erfolge daran, daß das Glühmaterial von ungleicher Zusammensetzung in seinen Stoff-Verbindungen ist oder Spröde und Spannungen zeigt. Es bleibt daher wohl zu berücksichtigen, was man durch ein Ausglühen erreichen will. Brennstoffe, die viel Schwefel enthalten, müssen vornehmlich beim Glühprozesse vermieden

[1]) „Stahl und Eisen", September 1903. Als Manuskript gedruckt.

werden, denn Schwefel reichert das glühende Eisen an, bildet Verschlackungen und mindert daher die Festigkeit und Elastizität in erheblichem Maße, so daß Mürbe eintreten kann und wie Verfasser an einem Hochofen Winderhitzungsrohre festgestellt hat: die Bruchfestigkeit nur noch 8,4 kg und die Druckfestigkeit nur 14,4 kg pro qmm betrug, mithin etwa $^1/_4$ von der des ursprünglichen Materiales. Die Versuchsstäbe waren aus der Mitte einer Rohrwandmasse ausgearbeitet und die beiderseits anhaftenden Oxydmassen von insgesamt 18% durch Abarbeitung entfernt worden.

Dr. Wüst fand die Anreicherung zweier Tempertöpfe an Schwefel durch das Brennmaterial wie folgt:

Brennmaterial:		$^2/_3$ Braunk., $^1/_3$ Steink.	Nur Steinkohle
Glühzeit:		Nach 7 mal. Glühen	Nach 11 mal. Glühen
Schwefelgehalt der Töpfe	Vor d. Glühen	0,157	0,090
	Nach d. Glühen	0,781	0,315

woraus der Einfluß der schwefelhaltigen Braunkohle ersichtlich ist.

Man kann aus dem Gesagten folgern, daß das Glühen für die Umwandelung spröder Materialien in elastische von gleichmäßiger Beschaffenheit und daher auch größerer Festigkeitserscheinungen als vordem, große Vorteile bietet, was allgemein bekannt ist. Es kann aber auch Nachteile im Gefolge haben, wenn es da angewandt wird, wo diese Umwandlungen nicht geboten sind: es kann beim Gußeisen ein pulveriges Gemengsel oder wie beim Temperprozeß ein schmiedbares Material dadurch erzeugt werden; in letzterem Falle jedoch nur in künstlicher Weise durch die Benutzung von Oxydationsmitteln während des Glühprozesses, wodurch die gebundenen, Härte und Spröde erzeugenden Kohlenstoffarten in die dem Graphit ähnliche Temperkohle, ein loses Pulver, umgewandelt werden. Das einfache „Glühen“ ist ein dem „Tempern“ ähnlicher Prozeß. Im ersteren Falle führen die Oxydbildungen des Eisens die Umwandlungen

herbei und im letzteren Falle sind es gasförmige Oxydationsmittel, erzeugt mittelst Glühens in Metalloxyden — Roteisenstein, Hammerschlag — die den Kohlenstoff des Eisens absorbieren. Beachtenswert sind die Materialsauerstoffaufnahmen, so fand Dr. Wüst in einer den Feuergasen stark ausgesetzten gußeisernen Ölgasretorte: ursprünglich 0,05 %, nach der Glühzeit 0,75 % Sauerstoff.

Glüh-Temperaturen in Graden Celsius.

Dunkelrot	700	Hellkirschrot	1000	Weißglut	1300
Dunkelkirschrot	800	Dunkelorange	1100	Schweißhitze	1400
Kirschrot	900	Hellorange	1200	Schmelzweiß	1500

Längen-Ausdehnung von Körpern bei der Wärmezunahme von 0° auf 100° C.

Blei	1/351	Eisen	1/826	Zink	1/340
Gußeisen	1/937	Silber	1/524	Zinn	1/516
Kupfer	1/609	Platin	1/1131	Wasser	1/71

Der Koeffizient für die Flächenausdehnung ist doppelt und für die Raum-Ausdehnung dreimal so groß.

Der Ausdehnungskoeffizient der Luft beträgt für jeden Grad Celsius = 0,00360; der lineare 0,00122.

Längen-Schwindmaß von Metallen.

Gewalztes Eisen	1/55	Kanonenmetall	1/134	Spiegeleisen	1/50
Stahl	1/64	Gußeisen	1/96	Zink, geg.	1,62
Messing, Glocken-metall	1/65	Stahlguß	1/50	Zinn	1/128

Anhang.

Verzeichnis der Koks erzeugenden Zechen in Rheinland und Westfalen.

	Poststation
1. **Arenbergsche Aktien-Gesellschaft für Bergbau u. Hüttenbetrieb:** Prosper und Julius Philipp	Essen-Ruhr.
2. **Bochumer Bergwerks-Aktien-Gesellschaft,** Zeche ver. Präsident . . .	Bochum.
3. **Borussia,** Gewerkschaft der Zeche . .	Marten.
4. **ver. Carolinenglück,** bei Bochum. Besitzerin: Bochumer Verein	Bochum.
5. **Carolus Magnus,** Gewerkschaft des Steinkohlen-Bergwerks . . . . . (Adresse: Direktion der Zeche Carolus Magnus, Essen-Ruhr.	bei Borbeck.
6. **Centrum,** Bergwerks-Gesellschaft (Bes.: Rhein. Stahlwerke, Ruhrort) . . .	Wattenscheid.
7. **Concordia,** Bergbau-Aktien-Gesellschaft	Oberhausen (Rheinl.)
8. **Consolidation,** Bergw.-Aktien-Gesellsch.	Schalke i. W.
9. **ver. Constantin der Große,** Gewerksch.: Constantin d. Gr. und Bochumer Koks- und Kohlenwerke	Bochum.
10. **Crone,** Gewerkschaft der Zeche (Besitz.: Fentscher Hütten-Akt.-Ges. Antwerpen)	Hörde i. W.
11. **Dahlbusch,** Bergwerks-Gesellschaft . .	Zeche Dahlbusch bei Gelsenkirchen.
12. **Dannenbaum,** Akt.-Ges. Zeche: Friederica I u. II, Prinz-Regent, (Besitz.: Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- und Hütten-Akt.-Ges.)	Bochum.
13. **Dorstfeld,** Gewerkschaft	Dorstfeld.
14. **Eintracht Tiefbau,** Zeche	Steele a. d. Ruhr.
15. **Friedrich der Große,** Gewerksch. des Steinkohlen-Bergwerks	Herne (Westfalen).
16. **Friedrich Ernestine,** Gewerkschaft des Steinkohlen-Bergwerks . . . . . (Adresse: Direktion der Zeche Friedrich Ernestine, Essen-Ruhr.)	Stoppenberg.
17. **Fröhliche Morgensonne,** Gewerkschaft	Wattenscheid i. W.
18. **Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft:** Monopol, Germania I u. II, Westhausen, ver. Bonifacius,	

	Poststation
Alma, Erin, Hansa, Zollern, Minister v. Stein, ver. Hamburg u. Franziska	Rhein-Elbe bei Gelsenkirchen.
19. **General,** Gewerkschaft (Bes.: Lothringer Hüttenver. Aumetz-Friede, Kneuttingen	Weitmar b. Bochum.
20. **Graf Beust,** Gewerkschaft des Steinkohlen-Bergwerks . . . . . (Adresse: Direktion der Zeche Graf Beust, Essen-Ruhr.)	Essen-Ruhr.
21. **Graf Schwerin,** Gewerkschaft des Steinkohlen-Bergwerks	Castrop (Westfalen).
22. **ver. Hannibal,** Gewerkschaft (Besitzer: Friedr. Krupp, Essen a. d. R.) . .	Eickel i. W.
23. **Harpener Bergbau-Akt.-Gesellschaft,** Prinz von Preußen, Heinrich Gustav, Karoline, Amalia, Vollmond, Neu-Iserlohn, Gneisenau, Courl, Providence, von der Heydt, Scharnhorst, Recklinghausen I u. II	Dortmund.
24. **Helene und Amalie,** Gewerksch. d. Zeche	Bergeborbeck.
25. **Hibernia,** Bergwerks-Gesellschaft: Hibernia, Shamrock u. General Blumenthal	Herne (Westfalen).
26. **Kaiser Friedrich,** Gewerksch. (Besitz.: Banque Internationale de Bruxelles Société anonyme, Brüssel)	Barop.
27. **Kölner Bergwerks-Verein**	Altenessen.
28. **König Ludwig,** Gewerkschaft	König Ludwig (Bezirk Münster).
29. **König Wilhelm,** Essener Bergw.-Verein	Bergeborbeck.
30. **Königin Elisabeth,** Gewerkschaft des Steinkohlen-Bergwerks	Essen-Ruhr.
31. **Königsborn,** Aktien-Gesellsch. für Bergbau, Salinen- und Solbad-Betrieb .	Unna-Königsborn.
32. **Lothringen,** Gewerksch. des Steinkohlen-Bergwerks, Akt.-Gesellsch.	Gerthe bei Bochum.
33. **Louise Tiefbau,** Dortmunder Steinkohlen-Bergwerk	Barop.
34. **Marianne** u. **Steinbank,** Steinkohlenbergwerk (Besitzer und Adresse: Matthias Stinnes)	Mülheim a. d. Rh.
35. **Massen,** Bergbau-Aktien-Gesellschaft .	Massen i. W.
36. **Mathias Stinnes,** Gewerksch. der Zeche (Adresse: Direktion der Zeche Mathias Stinnes, Essen-Ruhr).	Carnap.
37. **Mühlheimer Bergwerks-Verein,** Zeche	

	Poststation
Hagenbeck, Humboldt, Rosenblumendelle, ver. Wiesche	Mülheim-Ruhr.
38. **Nordstern,** Akt.-Gesellsch. Steinkohlen-Bergw. u. Zeche Holland u. Graf Moltke	Wattenscheid.
39. **Pluto,** Bergbau-Aktien-Gesellsch. (Besitz.: Akt.-Gesellsch. Schalker, Gruben- und Hütten-Verein, Gelsenkirchen) . .	Wanne.
40. **Siebenplaneten,** Gewerksch. des Steinkohlen- und Eisenstein-Bergwerks .	Langendreer.
41. **Tremonia,** Gewerkschaft	Dortmund.
42. **Victor,** Gewerkschaft	Rauxel i. W.
43. **Victoria Mathias,** Gewerkschaft des Steinkohlen-Bergwerks . . . . . (Adresse: Direktion der Zeche Victoria Mathias, Essen-Ruhr.)	Essen-Ruhr.
44. **ver. Westphalia,** Gewerkschaft d. Zeche (Besitz.: Eisen- u. Stahlwerk Hoesch, Aktien-Gesellschaft in Dortmund) .	Dortmund.
45. **Zollverein,** Steinkohlen-Bergwerk . .	Caternberg (Rheinpr.)

Sonstige:

1. **Friedlicher Nachbar,** Gewerksch., Zechen Friedlicher Nachbar und Hasewinkel	Linden i. W.
2. **Gust. Schultz,** Kokerei u. Destilationsanst.	Bochum.
3. **Mansfeld,** Gewerkschaft: Zeche Colonia	Langendreer.
4. **Hansemann u. Karl Friedrich,** Zechen (Besitz.: Union, Akt.-Gesellsch. für Bergbau-, Eisen- u. Stahl-Industrie) .	Dortmund.

Deutsche Hüttenwerke für Roheisen-Erzeugung.

A. Koks-Roheisen.

I. Rheinisch-Westfälisches Roheisen-Syndikat Düsseldorf.

1. **Aplerbecker Hütte,** Brügmann, Weyland & Co.	Aplerbeck.
2. **Bergischer Gruben- und Hütten-Verein**	Hochdahl.
3. **Bochumer Verein für Bergbau und Gußstahlfabrikation**	Bochum.
4. **Akt. Gesellsch. Bergw.-Ver. Friedrich Wilhelmshütte**	Mülheim a. d. R.
5. **Friedrich-Wilhelmshütte**	Troistorff Rh.
6. **Gewerkschaft Deutscher Kaiser** . .	Bruckhausen.
7. **Gewerkschaft Carl Otto,** Adelenhütte	Urbach.
8. **Eisen- und Stahlwerk Hoesch** . . .	Dortmund.
9. **Buderussche Eisenwerke**	Wetzlar.

	Poststation
10. **Eisenwerke Hirzenhain u. Lollar** . .	Lollar.
11. **Hörder Bergwerks- u. Hütten-Verein** .	Hörde.
12. **Concordiahütte,** Akt.-Gesellsch., vorm. Gebr. Lossen	Bendorf.
13. **Phönix,** Akt.-Gesellsch.	Lahr b. Ruhrort.
14. **Friedr. Krupp**	Essen (Ruhr).
15. **Rhein. Bergbau- u. Hüttenverein,** Akt.-Gesellsch. Niederrheinische Hütte .	Hochfeld in Duisburg.
16. **Rheinische Stahlwerke**	Meiderich.
17. **Schalker Gruben- u. Hütten-Verein** .	Gelsenkirchen.
18. **Union,** Akt.-Ges. f. Bergbau, Eisen- u. Stahlindustrie	Dortmund.
19. **Eschweiler Bergwerks-Verein** . . .	Eschweiler.
20. **Gutehoffnungshütte,** Akt.-Ver. f. Bergbau und Hüttenbetrieb	Oberhausen.

Sonstige Hochofenwerke:

1. **Duisburger Kupferhütte**	Duisburg-Hochfeld.
2. **Georgs-Marien-Bergw.- u. Hüttenver.**	Osnabrück.
3. **Mathildenhütte**	Harzburg.
4. **Agnesenhütte** (Abt. D der Siegen-Lothringer Werke)	Haiger (Nassau).
5. **Ilseder Hütte**	Groß-Ilsede b. Peine.

II. Verein für den Verkauf von Siegerländer Roheisen, Siegen.

1. **Haardter-Hütte**	Weidenau.
2. **Niederscheldener Hütte**	Siegen.
3. **Birlenbacher Hütte**	Geisweid.
4. **Brachbacher Hütte**	Brachbach.
5. **Bremerhütte,** Akt.-Gesellsch.	Kirchen a. d. Sieg.
6. **Charlottenhütte,** Akt.-Gesellsch. . .	Niederschelden.
7. **Heinrichshütte** (gehört zu Wissen) . .	Au a. d. Sieg.
8. **Rolandshütte,** Akt.-Gesellsch.	Weidenau.
9. **Cöln-Müsener Bergw.-Akt.-Verein** .	Creuzthal.
10. **Eiserfelder Hütte**	Eiserfeld.
11. **Finnentroper Hütte**	Finnentrop.
12. **Geisweider Eisenwerke,** Akt.-Gesellsch.	Geisweid.
13. **Friedrichshütte**	Neunkirchen.
14. **Germaniahütte**	Grevenbrück.
15. **Johanneshütte**	Siegen.
16. **Wissener Hütte**	Wissen.
17. **Eisener Hütte**	Eisern.
18. **Marienhütte** (Besitz.: Westf. Stahlwerke, Bochum)	Eiserfeld.
19. **Siegener Hütte**	Siegen.

		Poststation
Sonstige Hochofenwerke.		
1.	**Grünebacher Hütte**	Alsdorf bei Betzdorf.
2.	**Alte Herdorfer Hütte**	Herdorf.
3.	**Niederdreisbacher Hütte**	Niederdreisbach.
4.	**Hainerhütte**	Siegen.
III. Königliche und andere Hochofenwerke.		
1.	**Eisenwerk-Gesells. Maximilianshütte**	Rosenberg (Bayern).
2.	**Königl. Bergamt Amberg**	Amberg (Bayern).
3.	**Königl. Hüttenwerk Wasseralfingen** .	Wasseralfingen (Württemberg).
4.	**Königin Marienhütte,** Akt.-Gesellschaft	Kainsdorf (Sachsen).
5.	**Eisenwerk-Ges., Maximilianshütte** .	Unterwellenborn (Thüringen).
6.	**Eisenwerk Kraft**	Kratzwick bei Stettin.
IV. Luxemburger Roheisen-Syndikat.		
1.	**Hochöfen,** Aktien-Gesellschaft	Rümelingen.
2.	**Hochöfen-Gesellschaft**	Deutsch-Oth.
3.	**Hochöfen-Aktien-Gesellschaft** . . .	Rodingen.
4.	**Les petits Fils de F^cois de Wendel & Co.**	Hayange.
5.	**Metz & Co.**	Esch.
6.	**Rombacher Hüttenwerke**	Rombach.
7.	**Fentscher Hütten-Akt.-Gesellsch.** . .	Fentsch.
8.	**Hüttenverein Sambre et Mosel** . .	Maizières.
9.	**Mosel Hüttenwerke**	Maizières.
10.	**Lothringer Hochofenwerke**	Aumetz-La Pais.
11.	**Lothringer Hüttenver. Aumetz-Friede**	Kneuttingen.
12.	**Lothringer Eisenwerke**	Ars a. d. Mosel.
Sonstige Hochofenwerke.		
1.	**Röchlingsche Eisen- u. Stahlwerke, Carlshütte**	Diedenhofen.
2.	**Société anonyme des Hauts Fourneaux Mines et Usines**	d'Autun-le-Tiche
3.	**Dillinger Hütte**	Redingen.
4.	**Rümelinger Hüttengesellschaft** . . .	Öttingen.
5.	**Gebr. Stumm**	Ückingen.
6.	**Société anonyme des Minières et Usines**	Pierrevillers.
7.	**Ch. u. J. Collart**	Steinfort.
8.	**Luxemburg. Bergw.- u. Saarbrücker Eisenh.-Akt.-Ges.**	Esch.
9.	**Eisenhütten-Akt.-Verein**	Düdelingen.
10.	**Aachener Hütten-Aktien-Verein** . .	Esch.
11.	**Deutsch-Luxemb. Bergw.- u. Hütten-Aktien-Gesellschaft**	Differdingen.

Lothringen. Luxemburg.

V. Oberschlesische Hochofenwerke.

		Poststation
1.	**Königliches Hüttenamt**	Gleiwitz.
2.	**Borsigwerk**	Borsigwerk, OS.
3.	**Donnersmarkhütte,** Akt.-Gesellsch. . .	Zabrze.
4.	**Eisen- u. Stahlwerk Bethlen-Falva** .	Schwietochlowitz.
5.	**Hubertushütte** bei	Oberlagiewnik.
6.	**Cons. Redenhütte**	Zabrze, OS.
7.	**Oberschl. Eisenbahnbedarfs-Akt.-Ges. Friedenshütte**	Morgenroth.
8.	**Julienhütte** bei	Bobreck, OS.
9.	**Tarnowitzer Hütte** bei	Tarnowitz.
10.	**Eisenw. Königshütte** } Verein. Königs- u. Laurahütte,	Königshütte.
11.	**Eisenw. Laurahütte** } Akt.-G. f. Bergb.- u. Hüttenb., Berl.	Laurahütte.

VI. Hochofenwerke a. d. Saar.

1.	**Dillinger Hüttenwerke**	Dillingen.
2.	**Luxemburger Bergw.- u. Saarbrücker Eis.-Hüttenges.** (Burbacher Hütte) .	Burbach.
3.	**Röchlingsche Eisen- u. Stahlwerke** .	Völklingen
4.	**Gebr. Stumm**	Neunkirchen.
5.	**Rud. Böcking & Cie.** (Halbergerhütte)	Brebach.

B. Holzkohlen-Roheisen-Hütten.

1.	**Cöln-Müsener Bergwerksverein** . .	Creuzthal.
2.	**Harzer Werke zu Rübeland u. Zorge**	Blankenburg a. H.
3.	**Königl. Hüttenamt, Rothehütte** . . .	Rothehütte a. H.
4.	**Königl. Hüttenwerk**	Königsbronn i. Württ.
5.	**Utendörffer und Eichel**	Schmalkalden.

Flammofen

gewöhnlicher Ausführung und ohne Unterwind

zu

II. Abteilung: I. Die Schmelzöfen und Trockenkammern.

B. Die Flammöfen. Seite 201.

Flammofen

mit

Sammelraum und für Unterwind

zu

II. Abteilung: I. Die Schmelzöfen

B. Die Flammöfen. Seite 201

Muster

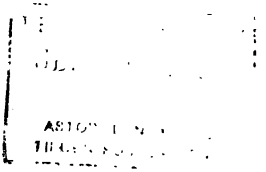
für

Rohrformmaschinen

zur

III. Abteilung: Der Form-Maschinenbetrieb

Seite 257.



Muster

von

Formkasten für Rohr-Formmaschinen

(Blatt I)

zur

III. Abteilung: I. Der Form-Maschinenbetrieb.

Seite 257.

Verlag von G. D. Baedeker in Essen.

Industrie- und Verkehrskarte
des
Niederrheinisch-Westfälischen Industriebezirkes.

In 5 Farben ausgeführt.

(15. Auflage der
Bergwerks- u. Hüttenkarte d. Oberbergamtsbezirks Dortmund)

nebst einem alphabetischen Verzeichnis der Bergwerke einschliesslich Förderung und Arbeiterzahl, der sonstigen industriellen Anlagen und deren Ortschaften.

Preis im Umschlag **Mk. 4.—**, aufgezogen auf Pappdeckel mit Ösen **Mk. 6.—**, aufgezogen auf Leinwand in Taschenformat **Mk. 7.—**, aufgezogen auf Leinwand mit Rundstäben **Mk. 8.—**.

Deutsche Kuxen-Zeitung (Berlin): Die Karte, auf der die umfangreiche Berechtsame der neuerdings vom Bergfiskus erworbenen Grubenfelder deutlich erkennbar erscheint, ist beinahe um ein Viertel grösser geworden als ihre Vorgänger, da es infolge der Ausdehnung des westfälischen Bergbaus nach Norden und Osten hin nötig war, auch die Gegend östlich von Dortmund bis nach Hamm, Unna, Werl, Beckum und Soest und darüber hinaus dem Kartenbilde einzuverleiben. So reicht sie jetzt von Haltern und Beckum im Nordon bis Lennep, Neuß und Düsseldorf im Süden, dessen gesamtes Stadtbild mit den hauptsächlichsten industriellen Anlagen aufgenommen ist, von Mörs, Rheinberg im Westen bis Sassendorf im Osten. Wie bisher, werden außerdem auf 3 Nebenkarten die Städtebilder Dortmund, Duisburg-Ruhrort und Essen gebracht. Da die Anzahl der Namen der Bergwerke und industriellen Anlagen erheblich vermehrt worden ist, so ist die Karte jetzt fünffarbig. So ist trotz der Fülle des auf der „Industriekarte" Gebotenen größte Deutlichkeit und Übersichtlichkeit erzielt. Dabei ist ungeachtet der bedeutenden Vergrößerung und Verbesserung der Karte der Preis für das unaufgezogene Exemplar nur **4 Mark** geblieben. Dieser Preis erscheint als ein äußerst billiger, zumal noch eine Zugabe zu der Karte gegeben wird in dem alphabetischen „Verzeichnis der Bergwerke, Salinen, industriellen Werke und Ortschaften" nach ihrer Lage auf der „Industriekarte". Dasselbe erscheint dadurch sehr wertvoll, daß es die sämtlichen Zechen besonders aufführt mit Angabe, ob sie im Besitz einer Gewerkschaft oder Aktiengesellschaft sind, welche Kohlenförderung und Arbeiterzahl sie im letzten Jahre hatten, und wie ihre Poststation heißt. Somit vertritt das „Verzeichnis" ein ganzes Adreßbuch. Wir empfehlen diese neueste „Industrie- und Verkehrskarte des Niederrheinisch-Westfälischen Industriebezirkes" angelegentlichst zur Anschaffung für alle diejenigen unserer Leser, welche sich schnell und zuverlässig in der wichtigsten Gegend der deutschen Industrie orientieren wollen.

Mathematische und technische Tabellen
für den Gebrauch in der Praxis und an deutschen und österreichischen technischen Lehranstalten

von

E. Schultz,
Professor an der Königl. Maschinenbau- und Hüttenschule zu Duisburg.

Unter gütiger Mitwirkung von

E. Dieckmann,
Direktor der Königl. Baugewerkschule zu Dtsch. Krone,

Preis gebunden **4 Mk.**

Der Verfasser hat in diesem ausgezeichneten Tabellenwerk ein Buch geschaffen, welches in gewisser Beziehung die „Hütte" ergänzt und gleich dieser jedem Ingenieur unentbehrlich werden wird. In schönem klaren Zahlendruck, übersichtlicher Anordnung, leicht auffindbar durch fettgedruckte Überschriften am Kopfe jeder Seite finden sich in diesem umfangreichen Tabellenwerk wohl alle Zahlentafeln und technischen Tabellen, die der Ingenieur bei seiner Arbeit braucht.

Verlag von G. D. Baedeker in Essen.

Zerreiss-Tabellen.

Tabellen zur Bestimmung der

Elastizitäts-Grenze, Zugfestigkeit und Kontraktion

bei Zerreißprobestäben aus

Stahl, Eisen und Kupfer.

Berechnet und herausgegeben von

Otto Weinlig.

Preis in elegantem Umschlag 3 Mk. 50 Pfg.

Stahl und Eisen:

Die weitgehenden Qualitäts-Ansprüche, die heute an alle Erzeugnisse aus Eisen und Stahl gestellt werden, zwingen uns, die Fabrikation fortwährend durch Analyse und Zerreißproben zu kontrollieren. Besonders mit letzterem ist ja, wie jeder Hüttenmann weiß, ein zeitraubendes und umständliches und deshalb leicht zu Fehlern Veranlassung bietendes Rechnen verbunden, und ist daher das Erscheinen dieser Tabellen, welche das Rechnen ersparen, als sehr zeitgemäß zu begrüßen. Entsprechend der Möglichkeit, genau zu messen und die Belastung abzulesen, steigt die Tabelle in dem Stabdurchmesser um je 0,05 mm und für die Belastung um je 200 kg. Zwischenwerte sind leicht zu interpolieren. Das Ganze ist übersichtlich und nicht zu voluminös bei grosser Genauigkeit. Besonders angenehm ist es, daß der Verfasser die *Tabelle zur Umwandlung der englischen Festigkeitsangaben in deutsche und umgekehrt* mit aufgenommen hat. Diese Tabellen zeichnen sich durch große, leicht leserliche und das Auge nicht ermüdende Ziffern aus. *Das Werkchen verdient* **beste Empfehlung.**

Für die Praxis.

Handbuch

der

Berechnung des Tage- und Stundenlohnes.

Zusammengestellt und berechnet

von

Professor E. Schultz, und Kgl. Reg.-Baumeist. E. Dieckmann,

Preis in schmalem, handlichem Format geb. 1 Mk. 50 Pfg.

Diese Lohntabelle beantwortet in kürzester Zeit **jede — auch die schwierigste Lohnfrage** durch einfaches Aufschlagen bezw. Addieren der aufgeschlagenen Zahlenwerte. Diese Vielseitigkeit, das handliche Format des Büchleins, seine überaus praktische Einrichtung unterscheiden es vorteilhaft von allen vorhandenen Lohntabellen. Um das Aufschlagen zu erleichtern, sind alle nur erdenkbaren Hilfsmittel angewendet. Sauberer, übersichtlicher Zahlendruck, verständliche Kopfüberschriften, Angabe des Taglohnes am oberen äusseren Rande jeder Seite, Angabe des Stundenlohnes auf heraustretenden, beiderseitig bedruckten Leinwandblättchen. Ferner ist das gewählte Format für die Hand, wie für die Tasche gleich bequem; auf dem Arbeitstisch nimmt das Büchlein wenig Platz fort, in der Bücherreihe ist es leicht zu finden. So wird diese Tabelle jedem Lohnbureau, jedem Arbeitgeber, aber auch dem die Abrechnung auf der Arbeitsstelle vollziehenden Meister oder Polier, sowie dem Arbeiter selbst zur Nachrechnung seiner Forderung (namentlich auch für die Akkord- und Überstundenberechnung) **gute** und **sichere Dienste** leisten.

Für den Konstruktionstisch.

Handbuch

der

deutschen Normalprofile.

Nach der neusten Ausgabe des deutschen Normalprofilbuches zusammengestellt und berechnet von

E. Schultz,

Professor an der Königl. Maschinenbau- und Hüttenschule zu Duisburg.

In handlichem schmalen Format.

Preis gebunden 1 Mk. 30 Pfg.

Inhalt:

I. Abteilung.

I. Analysen von Roheisen-Marken.
Koksroheisen: I. Deutsche Marken: a) Graues Giesserei-Roheisen, b) graues Hämatiteisen, c) weisses Giesserei-Eisen.
Holzkohlen-Roheisen.
Koksroheisen: II. Englische Marken. III. Diverse ausländische Marken-, Bruch- und Brandeisen.

II. Analysen von Stahl, Eisen und Stahlformguss.
Fluss-Schmiedeisen, Stahl.
Martin, Tiegel, Temper, Thermit-Formguss.

III. Analysen der Gebrauchs-Materialien.
Koks, Graphit, Kalkstein, Dolomit, Magnesit, Flussspat, Sande, Tone, Steine, Tiegel, Brennstoffe und Heizwerte, Brennwertver-

D. Die Gusswaren. I. Potteriegusz, II. Bau- und Maschinenguss, III. Spezialguss, IV. Hart- und Zentrifugalguss, Flammofenguss, V. Hämatitguss.
E. Stahl- und Schmiedeisen-Zusätze.
F. Veränderungen des Roheisens beim Niederschmelzen.

V. Festigkeit und Elastizität.
A. Einfluss der Stoffverbindungen.
B. Festigkeitstabelle.
C. Über die Festigkeitsarten des Gusseisens. I. Druckfestigkeit, II. Zugfestigkeit, III. Biegungsfestigkeit.
D. Über die Ursachen der Festigkeitsänderungen.
E. Festigkeit von Hämatitguss.
F. Verunreinigung des Roheisens.

VI. Das Brandeisen.

VII. Feuer- und Säuren-Einflüsse auf das [illegible] in-

höhen und -Flächen, Koksverbrauch, Ofengrössen, Giessereikoks, Gichtsätze, Kalksteine, Flussspat, Verbrennung, Abbrand, Füllkokshöhe, Windleitung, Windzufuhr, Schlacke.

XII. Die Formmaterialien und Wärmeschutzmittel.
I. Sand, Lehm, Masse, Schlichte.
II. Das Stäuben und Schwärzen der Formen.
III. Surrogate und Mischungen für Masse, Kerne und Schwärzen.
IV. Die feuerfesten Steinmaterialien. I. Natürliche, II. Künstliche: Schamotte-, Quarz-, Magnesit-, Dolomit-, Kupolofen- und Kohlensteine.
V. Die Wärmeschutzmittel.
VI. Kupolofen-Ausmauerung. Ofen I, II, III, IV, Schmelzkostenvergleiche.

[illegible] Baedeker, Verlagshandlung in Esse[illegible]